2023年版全国一级建造师执业资格考试用书

市政公用工程管理与实务

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会　编写

中国建筑工业出版社

图书在版编目（CIP）数据

市政公用工程管理与实务/全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会编写. —北京：中国建筑工业出版社，2023.4

2023年版全国一级建造师执业资格考试用书

ISBN 978-7-112-28468-9

Ⅰ. ①市… Ⅱ. ①全… Ⅲ. ①市政工程–工程管理–资格考试–自学参考资料 Ⅳ. ①TU99

中国国家版本馆CIP数据核字（2023）第043967号

责任编辑：余　帆
责任校对：李美娜

2023年版全国一级建造师执业资格考试用书
市政公用工程管理与实务
全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会　编写
*
中国建筑工业出版社出版、发行（北京海淀三里河路9号）
各地新华书店、建筑书店经销
北京市密东印刷有限公司印刷
*
开本：787毫米×1092毫米　1/16　印张：31　字数：772千字
2023年5月第一版　　2023年5月第一次印刷
定价：**86.00**元（含增值服务）
ISBN 978-7-112-28468-9
（40703）
如有内容及印装质量问题，请联系本社读者服务中心退换
电话：（010）58337283　QQ：924419132
（地址：北京海淀三里河路9号中国建筑工业出版社604室　邮政编码：100037）

全国一级建造师执业资格考试用书

审定委员会

（按姓氏笔画排序）

丁士昭　马志刚　毛志兵　司毅军
任　虹　刘建国　李　强　杨存成
张　锋　张巧梅　贺　丰　徐　亮

编写委员会

主　编：丁士昭

委　员：（按姓氏笔画排序）

王雪青　王清训　毛志兵　孔　恒
刘志强　李慧民　何孝贵　张鲁风
高金华　唐　涛　蒋　健　詹书林
滕小平

序

为了加强建设工程项目管理，提高工程项目总承包及施工管理专业技术人员素质，规范施工管理行为，保证工程质量和施工安全，根据《中华人民共和国建筑法》《建设工程质量管理条例》《建设工程安全生产管理条例》和国家有关执业资格考试制度的规定，2002年，原人事部和建设部联合颁发了《建造师执业资格制度暂行规定》（人发〔2002〕111号），对从事建设工程项目总承包及施工管理的专业技术人员实行建造师执业资格制度。

注册建造师是以专业技术为依托、以工程项目管理为主的注册执业人士。注册建造师可以担任建设工程总承包或施工管理的项目负责人，从事法律、行政法规或标准规范规定的相关业务。实行建造师执业资格制度后，我国大中型工程施工项目负责人由取得注册建造师资格的人士担任，以提高工程施工管理水平，保证工程质量和安全。建造师执业资格制度的建立，将为我国拓展国际建筑市场开辟广阔的道路。

按照原人事部和建设部印发的《建造师执业资格制度暂行规定》（人发〔2002〕111号）、《建造师执业资格考试实施办法》（国人部发〔2004〕16号）和《关于建造师资格考试相关科目专业类别调整有关问题的通知》（国人厅发〔2006〕213号）的规定，本编委会组织全国具有较高理论水平和丰富实践经验的专家、学者，编写了“2023年版全国一级建造师执业资格考试用书”（以下简称“考试用书”）。在编撰过程中，编写人员按照“一级建造师执业资格考试大纲”（2018年版）要求，遵循“以素质测试为基础、以工程实践内容为主导”的指导思想，坚持“与工程实践相结合，与考试命题工作相结合，与考生反馈意见相结合”的修订原则，力求在素质测试的基础上，进一步加强对考生实践能力的考核，切实选拔出具有较好理论水平和施工现场实际管理能力的人才。

本套考试用书共14册，书名分别为《建设工程经济》《建设工程项目管理》《建设工程法规及相关知识》《建筑工程管理与实务》《公路工程管理与实务》《铁路工程管理与实务》《民航机场工程管理与实务》《港口与航道工程管理与实务》《水利水电工程管理与实务》《矿业工程管理与实务》《机电工程管理与实务》《市政公用工程管理与实务》《通信与广电工程管理与实务》《建设工程法律法规选编》。本套考试用书既可作为全国一级建造师执业资格考试学习用书，也可供其他从事工程管理的人员使用和高等学校相关专业师生教学参考。

考试用书编撰者为高等学校、行政管理、行业协会和施工企业等方面的专家和学者。在此，谨向他们表示衷心感谢。

在考试用书编写过程中，虽经反复推敲核证，仍难免有不妥甚至疏漏之处，恳请广大读者提出宝贵意见。

全国一级建造师执业资格考试用书编写委员会

2023年2月

《市政公用工程管理与实务》
编　写　组

组　　长： 孔　恒

副 组 长： 刘其铎　汪　波

审核人员： 贺长俊　张　汎　包琦玮　焦永达　丁建平　景　飒　张国京　严家友　金　淮　赵天庆　董凤凯　杨京生　牛亚楠　韩少光　张大春　郑进玉　刘彦林

编写人员：（按姓氏笔画排序）

马　武　马少军　王　渭　王文正　王亚杰　王全贤　王洪新　卢长炯　卢常亘　田行宇　史庆国　乔国刚　刘　明　刘海健　苏河修　李　达　李俊奇　李桂营　李浩然　余家兴　张　珣　张丽丽　林雪冰　岳爱敏　孟庆龙　孟昭晖　赵　欣　钟德文　逯　平　彭　竹　焦　猛　谢铜华　蔡志勇　潘名先

前　　言

根据中华人民共和国住房和城乡建设部组织编写、中华人民共和国人力资源和社会保障部审定的《一级建造师执业资格考试大纲（市政公用工程）》（2018年版），本书编写委员会在《2022年版全国一级建造师执业资格考试用书市政公用工程管理与实务》的基础上，总结应用经验，广泛征集各方面的意见和建议，对书中内容进行了修订。

市政公用工程包括道路、桥梁、轨道交通、给水排水、供热、燃气、综合管廊、生活垃圾处理等多个专业工程。本书修编以大纲为依据，力求做到理论与实践相结合，重点放在工程实践应用。本书共分三个部分：第一部分介绍了市政公用工程的各项专业工程技术；第二部分介绍了市政公用工程项目施工管理的相关内容；第三部分介绍了市政公用工程项目施工相关法规与标准。

本次修订吸收读者建议，结合国家法规、政策的发布、实施状况及中华人民共和国住房和城乡建设部等主管部门颁布的一系列新规范、标准，删除了危及生产安全的施工工艺、设备和材料，补充了道路、管线、轨道交通等现场施工相关技术、安全内容，更新了施工涉及的有关法律法规内容。

本书在编写过程中得到了业内专家、学者的关注和支持，本书编写委员会在此一并表示诚挚的感谢。

本书既可以作为一级建造师考试的考前指导用书，亦可供市政公用工程技术人员、管理人员在工作和学习中参考，或作为大专院校相关专业的教学参考用书。

由于编者水平有限，且编写时间紧迫，故仍难免有不妥和疏漏之处，请广大读者随时将发现的问题和意见反馈出版社，以供今后修订时参考。

网上免费增值服务说明

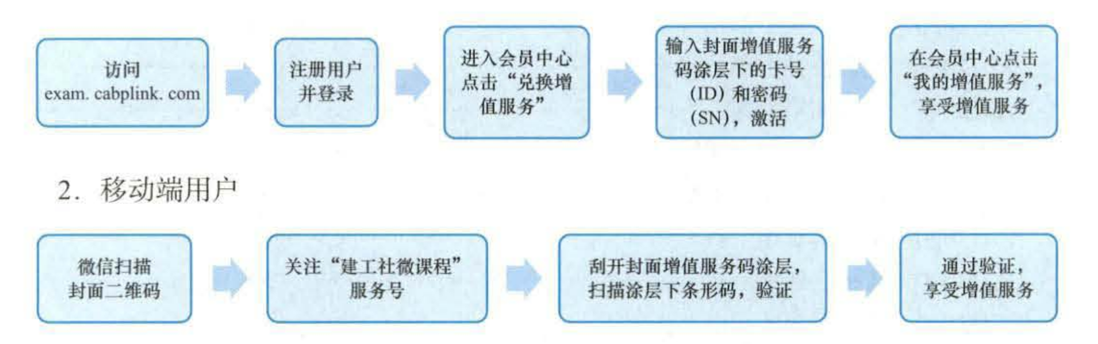
为了给一级建造师考试人员提供更优质、持续的服务，我社为购买正版考试图书的读者免费提供网上增值服务，增值服务分为文档增值服务和全程精讲课程，具体内容如下：

☞ **文档增值服务**：主要包括各科目的备考指导、学习规划、考试复习方法、重点难点内容解析、应试技巧、在线答疑，每本图书都会提供相应内容的增值服务。

☞ **全程精讲课程**：由权威老师进行网络在线授课，对考试用书重点难点内容进行全面讲解，旨在帮助考生掌握重点内容，提高应试水平。精讲课程涵盖**全部考试科目**。

更多免费增值服务内容敬请关注"建工社微课程"微信服务号，网上免费增值服务使用方法如下：

1. 计算机用户



2. 移动端用户

注：增值服务从本书发行之日起开始提供，至次年新版图书上市时结束，提供形式为在线阅读、观看。如果输入卡号和密码或扫码后无法通过验证，请及时与我社联系。

客服电话：010-68865457，4008-188-688（周一至周五 9：00—17：00）

Email：jzs@cabp.com.cn

防盗版举报电话：010-58337026，举报查实重奖。

网上增值服务如有不完善之处，敬请广大读者谅解。欢迎提出宝贵意见和建议，谢谢！

读者如果对图书中的内容有疑问或问题，可关注微信公众号【建造师应试与执业】，与图书编辑团队直接交流。



建造师应试与执业

目 录

1K410000 市政公用工程技术 ······ 1

1K411000 城镇道路工程 ······ 1

1K411010 城镇道路工程结构与材料 ······ 1

1K411020 城镇道路路基施工 ······ 16

1K411030 城镇道路基层施工 ······ 23

1K411040 城镇道路面层施工 ······ 29

1K412000 城市桥梁工程 ······ 41

1K412010 城市桥梁结构形式及通用施工技术 ······ 41

1K412020 城市桥梁下部结构施工 ······ 66

1K412030 城市桥梁上部结构施工 ······ 75

1K412040 管涵和箱涵施工 ······ 91

1K413000 城市轨道交通工程 ······ 94

1K413010 城市轨道交通工程结构与特点 ······ 94

1K413020 明挖基坑施工 ······ 115

1K413030 盾构法施工 ······ 139

1K413040 喷锚暗挖（矿山）法施工 ······ 164

1K414000 城市给水排水工程 ······ 181

1K414010 给水排水厂站工程结构与特点 ······ 181

1K414020 给水排水厂站工程施工 ······ 189

1K415000 城市管道工程 ······ 200

1K415010 城市给水排水管道工程施工 ······ 200

1K415020 城市供热管道工程施工 ······ 215

1K415030 城市燃气管道工程施工 ······ 233

1K415040 城市综合管廊 ······ 246

1K416000 生活垃圾处理工程 ······ 251

1K416010 生活垃圾填埋处理工程施工 ······ 251

1K417000 施工测量与监控量测 ······ 264

1K417010 施工测量 ······ 264

1K417020 监控量测 ······ 280

1K420000 市政公用工程项目施工管理······286

1K420010 市政公用工程施工招标投标管理······286
1K420020 市政公用工程造价管理······294
1K420030 市政公用工程合同管理······302
1K420040 市政公用工程施工成本管理······310
1K420050 市政公用工程施工组织设计······322
1K420060 市政公用工程施工现场管理······338
1K420070 市政公用工程施工进度管理······350
1K420080 市政公用工程施工质量管理······357
1K420090 城镇道路工程质量检查与验收······364
1K420100 城市桥梁工程质量检查与验收······371
1K420110 城市轨道交通工程质量检查与验收······382
1K420120 城市给水排水场站工程质量检查与验收······391
1K420130 城市管道工程质量检查与验收······393
1K420140 市政公用工程施工安全管理······423
1K420150 明挖基坑施工安全事故预防······440
1K420160 城市桥梁工程施工安全事故预防······444
1K420170 隧道工程和非开挖管道施工安全事故预防······456
1K420180 市政公用工程职业健康安全与环境管理······462
1K420190 市政公用工程竣工验收与备案······469

1K430000 市政公用工程项目施工相关法规与标准······479

1K431000 相关法律法规······479
1K431010 城市道路管理的有关规定······479
1K432000 相关技术标准······480
1K432010 城镇道路工程施工与质量验收的有关规定······480
1K432020 城市桥梁工程施工与质量验收的有关规定······480
1K432030 地下铁道工程施工及验收的有关规定······482
1K432040 给水排水构筑物施工及验收的有关规定······483
1K432050 给水排水管道工程施工及验收的有关规定······484
1K432060 城市供热管网工程施工及验收的有关规定······485
1K432070 城镇燃气输配工程施工及验收的有关规定······485
1K432080 城市综合管廊工程的有关规定······486
1K432090 工程测量及监控量测的有关规定······486



1K410000
扫一扫
看本章精讲课
配套章节自测

1K410000 市政公用工程技术

1K411000 城镇道路工程

1K411010 城镇道路工程结构与材料

1K411011 城镇道路分类与分级

一、城镇道路分类

（1）城镇道路的功能是综合性的，为发挥其不同功能，保证城镇的生产、生活正常进行、交通运输经济合理，应对城镇道路进行科学分类。

（2）分类方法有多种形式，根据道路在城镇规划道路系统中所处的地位划分为快速路、主干路、次干路及支路（见表1K411011）；根据道路对交通运输所起的作用分为全市性道路、区域性道路、环路、放射路、过境道路等；根据承担的主要运输性质分为公交专用道路、货运道路、客货运道路等；根据道路所处环境划分为中心区道路、工业区道路、仓库区道路、文教区道路、行政区道路、住宅区道路、风景游览区道路、文化娱乐性道路、科技卫生性道路、生活性道路、火车站道路、游览性道路、林荫路等。在以上各种分类方法中，主要是满足道路在交通运输方面的功能。

路面结构的设计工作年限（年） 表1K411011

道路等级	路面结构类型	
	沥青路面	水泥混凝土路面
快速路	15	30
主干路	15	30
次干路	15	20
支路	10	20

二、城镇道路分级

我国《城市道路工程设计规范》CJJ 37—2012（2016年版）在充分考虑道路在城市道路网中的地位、交通功能及对沿线服务功能的基础上，将城镇道路分为快速路、主干路、次干路与支路四个等级。

快速路，又称城市快速路，完全为交通功能服务，是解决城市大容量、长距离、快速交通的主要道路。

主干路以交通功能为主，为连接城市各主要分区的干路，是城市道路网的主要骨架。

次干路是城市区域性的交通干道，为区域交通集散服务，兼有服务功能，结合主干路组成干路网。

支路为次干路与居住小区、工业区、交通设施等内部道路的连接线路，解决局部地区交通，以服务功能为主。

三、城镇道路路面分类

（一）按路面结构类型分类（见表 1K411011）

（1）沥青路面面层类型包括沥青混凝土、沥青贯入式和沥青表面处治。沥青混凝土适用于各交通等级道路；沥青贯入式与沥青表面处治路面适用于支路、停车场。

（2）水泥混凝土路面面层类型包括普通混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土与钢纤维混凝土，适用于各交通等级道路。

（二）按力学特性分类

（1）柔性路面：荷载作用下产生的弯沉变形较大、抗弯强度小，在反复荷载作用下产生累积变形，它的破坏取决于极限垂直变形和弯拉应变。柔性路面主要代表是各种沥青类路面，包括沥青混凝土（英国标准称压实后的混合料为混凝土）面层、沥青碎石面层、沥青贯入式碎（砾）石面层等。

（2）刚性路面：行车荷载作用下产生板体作用，抗弯拉强度大，弯沉变形很小，呈现出较大的刚性，它的破坏取决于极限弯拉强度。刚性路面的主要代表是水泥混凝土路面。

1K411012 沥青路面结构组成特点

一、结构组成

（一）基本原则

（1）城镇沥青路面是城市道路的典型路面，道路结构由面层、基层和路基组成，层间结合必须紧密稳定，以保证结构的整体性和应力传递的连续性。大部分道路结构组成是多层次的，但层数不宜过多。

（2）行车载荷和自然因素对路面结构的影响随深度的增加而逐渐减弱，因而对路面材料的强度、刚度和稳定性的要求也随深度的增加而逐渐降低。各结构层的材料回弹模量应自上而下递减，基层材料与面层材料的回弹模量比应大于或等于 0.3；土基回弹模量与基层（或底基层）的回弹模量比宜为 0.08～0.4。

（3）按使用要求、受力状况、土基支承条件和自然因素影响程度的不同，在路基顶面采用不同规格和要求的材料分别铺设基层和面层等结构层。

（4）面层、基层的结构类型及厚度应与交通量及载重量相适应。交通量大、轴载重时，应采用高级路面面层与强度较高的结合料稳定类材料基层。

（5）基层的结构类型可分为柔性基层、半刚性基层；在半刚性基层上铺筑面层时，城市主干路、快速路应适当加厚面层或采取其他措施以减轻反射裂缝。

（二）路基与填料

1．路基分类

根据材料不同，路基可分为土方路基、石方路基、特殊土路基。路基断面形式有：路堤——路基顶面高于原地面的填方路基；路堑——全部由地面开挖出的路基（又分全路堑、半路堑、半山峒三种形式）；半填、半挖——横断面一侧为挖方，另一侧为填方的路基。

2. 路基填料

高液限黏土、高液限粉土及含有机质的细粒土，不适于做路基填料。因条件限制而必须采用上述土做填料时，应掺加石灰或水泥等结合料进行改善。

地下水位高时，宜提高路基顶面标高。在设计标高受限制，未能达到中湿状态的路基临界高度时，应选用粗粒土或低剂量石灰或水泥稳定细粒土做路基填料，同时应采取在边沟下设置排水渗沟等降低地下水位的措施。

岩石或填石路基顶面应铺设整平层。整平层可采用未筛分碎石和石屑或低剂量水泥稳定粒料，其厚度视路基顶面不平整程度而定，一般为100～150mm。

（三）基层与材料

（1）基层可分为基层和底基层，两类基层结构性能、施工或排水要求不同，厚度也不同。

（2）应根据道路交通等级和路基抗冲刷能力来选择基层材料。湿润和多雨地区，宜采用排水基层。未设垫层且路基填料为细粒土、黏土质砂或级配不良砂（承受特重或重交通），或者为细粒土（承受中等交通）时，应设置底基层。底基层可采用级配粒料、水泥稳定粒料或石灰粉煤灰稳定粒料等。

（3）常用的基层材料：

1）无机结合料稳定粒料：

无机结合料稳定粒料基层属于半刚性基层，包括石灰稳定土类基层、石灰粉煤灰稳定砂砾基层、石灰粉煤灰钢渣稳定土类基层、水泥稳定土类基层等，其强度高，整体性好，适用于交通量大、轴载重的道路。所用的工业废渣（粉煤灰、钢渣等）应性能稳定、无风化、无腐蚀。

2）级配型材料：

级配型材料基层包括级配砂砾与级配砾石基层，属于柔性基层，可用作城市次干路及其以下道路基层。为防止冻胀和湿软，天然砂砾应质地坚硬，含泥量不应大于砂质量（粒径小于5mm）的10%，砾石颗粒中细长及扁平颗粒的含量不应超过20%。级配砾石用作次干路及其以下道路底基层时，级配中最大粒径宜小于53mm，用作基层时最大粒径不应大于37.5mm。

（四）面层与材料

（1）高级沥青路面面层可划分为上（表）面层、中面层、下（底）面层。

（2）沥青路面面层类型：

1）热拌沥青混合料面层：

热拌沥青混合料（HMA），包括SMA（沥青玛琋脂碎石混合料）和OGFC（大空隙开级配排水式沥青磨耗层）等嵌挤型热拌沥青混合料，适用于各种等级道路的面层，其种类应按集料公称最大粒径、矿料级配、孔隙率划分。

2）冷拌沥青混合料面层：

冷拌沥青混合料适用于支路及其以下道路的面层、支路的表面层，以及各级沥青路面的基层、连接层或整平层；冷拌改性沥青混合料可用于沥青路面的坑槽冷补。

3）沥青贯入式面层：

沥青贯入式面层宜用作城市次干路以下道路面层，其主石料层厚度应依据碎石的粒径

确定，厚度不宜超过 100mm。

4）沥青表面处治面层：

沥青表面处治面层主要起防水层、磨耗层、防滑层或改善碎（砾）石路面的作用，其集料最大粒径应与处治层厚度相匹配。

二、结构层与性能要求

（一）路基

（1）路基既为车辆在道路上行驶提供基础条件，也是道路的支撑结构物，对路面的使用性能有重要影响。路基应稳定、密实、均质，对路面结构提供均匀的支承，即路基在环境和荷载作用下不产生不均匀变形。

（2）性能主要指标：

1）整体稳定性：

在地表上开挖或填筑路基，必然会改变原地层（土层或岩层）的受力状态；原先处于稳定状态的地层，有可能由于填筑或开挖而引起不平衡，导致路基失稳。软土地层上填筑高路堤产生的填土附加荷载如超出了软土地基的承载力，就会造成路堤沉陷；在山坡上开挖深路堑使上侧坡体失去支承，有可能造成坡体坍塌破坏。在不稳定的地层上填筑或开挖路基会加剧滑坡或坍塌。因此，必须保证路基在不利的环境（地质、水文或气候）条件下具有足够的整体稳定性，以发挥路基在道路结构中的强力承载作用。

2）变形量控制：

基层及其下承的路基，在自重和车辆荷载作用下会产生变形，如地基软弱填土过分疏松或潮湿时，所产生的沉陷或固结、不均匀变形，会导致路面出现过量的变形和应力增大，促使路面过早破坏并影响汽车行驶舒适性。因此，必须尽量控制路基、地基的变形量，才能给路面以坚实的支承。

（二）垫层

（1）垫层主要设置在温度和湿度状况不良的路段上，以改善路面结构的使用性能。在季节性冰冻地区路面结构厚度小于最小防冻厚度要求时，设置防冻垫层可以使路面结构免除或减轻冻胀和翻浆病害。

1）季节性冰冻地区的中湿或潮湿路段。

2）地下水位高、排水不良，路基处于潮湿或过湿状态的路段。

3）水文地质条件不良的土质路堑，路床土处于潮湿或过湿状态的路段。

（2）性能主要指标：

1）垫层宜采用砂、砂砾等颗粒材料，小于 0.075mm 的颗粒含量不宜大于 5%。

2）排水垫层应与边缘排水系统相连接，厚度宜大于 150mm，宽度不宜小于基层底面的宽度。

（三）基层

（1）基层是路面结构中的承重层，主要承受车辆荷载的竖向力，并把面层下传的应力扩散到路基。基层为面层施工提供稳定而坚实的工作面，控制或减少路基不均匀冻胀或沉降变形对面层产生的不利影响。基层受自然因素的影响虽不如面层强烈，但面层下的基层应有足够的水稳定性，以防基层湿软后变形大，导致面层损坏。

（2）性能主要指标：

1）应满足结构强度、扩散荷载的能力以及水稳性和抗冻性的要求。

2）不透水性好。底基层顶面宜铺设沥青封层或防水土工织物；为防止地下渗水影响路基，排水基层下应设置由水泥稳定粒料或密级配粒料组成的不透水底基层。

（四）面层

（1）面层直接承受行车的作用，用以改善汽车的行驶条件，提高道路服务水平（包括舒适性和经济性），以满足汽车运输的要求。

（2）面层直接同行车和大气相接触，承受行车荷载引起的竖向力、水平力和冲击力的作用，同时又受降水的侵蚀作用和温度变化的影响。

（3）路面使用指标：

1）承载能力：

当车辆荷载作用在路面上，使路面结构内产生应力和应变，如果路面结构整体或某一结构层的强度或抗变形能力不足以抵抗这些应力和应变时，路面便出现开裂或变形（沉陷、车辙等），降低其服务水平。路面结构暴露在大气中，受到温度和湿度的周期性影响，也会使其承载能力下降。路面在长期使用中会出现疲劳损坏和塑性累积变形，需要维修养护，但频繁维修养护势必会干扰正常的交通运营。为此，路面必须满足设计年限的使用需要，具有足够的抗疲劳破坏和塑性变形的能力，即具备相当高的强度和刚度。

2）平整度：

平整的路表面可减小车轮对路面的冲击力，行车产生附加的振动小，不会造成车辆颠簸，能提高行车速度和舒适性，不增加运行费用。依靠先进的施工机具、精细的施工工艺、严格的施工质量控制、及时的维修养护，可实现路面良好的平整度。

3）温度稳定性：

路面材料特别是表面层材料，长期受到水文、温度、大气因素的作用，材料强度会下降，材料性状会变化，如沥青面层老化，弹性、黏性、塑性逐渐丧失，最终路况恶化，导致车辆运行质量下降。为此，路面必须保持较高的稳定性，即具有较低的温度、湿度敏感度。

4）抗滑能力：

光滑的路表面使车轮缺乏足够的附着力，汽车在雨雪天行驶或紧急制动或转弯时，车轮易产生空转或溜滑危险，极有可能造成交通事故。因此，路表面应平整、密实、粗糙、耐磨，具有较大的摩擦系数和较强的抗滑能力。路面抗滑能力强，可缩短汽车的制动距离，降低发生交通安全事故的频率。

5）噪声量：

城市道路使用过程中产生的交通噪声，会使人们出行感到不舒适，也会使居民生活质量下降。城市区域应尽量使用低噪声路面，为营造静谧的社会环境创造条件。

近年我国城市开始修筑降噪排水路面，以提高城市道路的使用功能和降低城市交通噪声。降噪排水路面的面层结构组合一般为：上面层采用OGFC沥青混合料，中面层、下面层等采用密级配沥青混合料。这种组合既满足沥青路面强度高、高低温性能好和平整密实等路用功能，又实现了城市道路排水降噪功能。

1K411013 水泥混凝土路面构造特点

水泥混凝土路面结构的组成包括路基（详见本书1K411012条）、垫层、基层以及面层。

一、构造特点

（一）垫层

在温度和湿度状况不良的环境下，水泥混凝土道路应设置垫层，以改善路面的使用性能。

（1）在季节性冰冻地区，道路结构设计总厚度小于最小防冻厚度要求时，根据路基干湿类型和路基填料的特点设置垫层，其差值即是垫层的厚度。水文地质条件不良的土质路堑，路基土湿度较大时，宜设置排水垫层。路基可能产生不均匀沉降或不均匀变形时，宜加设半刚性垫层。

（2）垫层的宽度应与路基宽度相同，其最小厚度为150mm。

（3）防冻垫层和排水垫层宜采用砂、砂砾等颗粒材料。半刚性垫层宜采用低剂量水泥、石灰等无机结合稳定粒料或土类材料。

（二）基层

（1）水泥混凝土道路基层作用：防止或减轻由于唧泥导致的板底脱空和错台等病害；与垫层共同作用，可控制或减少路基不均匀冻胀或体积变形对混凝土面层产生的不利影响；为混凝土面层提供稳定而坚实的基础，并改善接缝的传荷能力。

（2）基层材料的选用原则：根据道路交通等级和路基抗冲刷能力来选择基层材料。特重交通道路宜选用贫混凝土、碾压混凝土或沥青混凝土；重交通道路宜选用水泥稳定粒料或沥青稳定碎石；中、轻交通道路宜选择水泥或石灰粉煤灰稳定粒料或级配粒料。湿润和多雨地区，繁重交通路段宜采用排水基层。

（3）基层的宽度应根据混凝土面层施工方式的不同，比混凝土面层每侧至少宽出300mm（小型机具施工时）或500mm（轨模式摊铺机施工时）或650mm（滑模式摊铺机施工时）。

（4）各类基层结构性能、施工或排水要求不同，厚度也不同。

（5）为防止下渗水影响路基，排水基层下应设置由水泥稳定粒料或密级配粒料组成的不透水底基层，底基层顶面宜铺设沥青封层或防水土工织物。

（6）碾压混凝土基层应设置与混凝土面层相对应的接缝。

（三）面层

（1）面层混凝土通常分为普通（素）混凝土、钢筋混凝土、连续配筋混凝土、预应力混凝土等。目前我国多采用普通（素）混凝土。水泥混凝土面层应具有足够的强度、耐久性（抗冻性），表面应抗滑、耐磨、平整。

（2）混凝土面层在温度变化影响下会产生胀缩。为防止胀缩作用导致裂缝或翘曲，混凝土面层设有垂直相交的纵向和横向接缝，形成一块块矩形板。一般相邻的接缝对齐，不错缝。每块矩形板的板长按面层类型、厚度并由应力计算确定。

（3）纵向接缝是根据路面宽度和施工铺筑宽度设置。一次铺筑宽度小于路面宽度时，应设置带拉杆的平缝形式的纵向施工缝。一次铺筑宽度大于4.5m时，应设置带拉杆的假

缝形式的纵向缩缝，纵缝应与线路中线平行。

横向接缝可分为横向缩缝、胀缝和横向施工缝。横向施工缝尽可能选在缩缝或胀缝处。快速路、主干路的横向胀缝应加设传力杆；在邻近桥梁或其他固定构筑物处、板厚改变处、小半径平曲线等处，应设置胀缝。

（4）对于特重及重交通等级的混凝土路面，横向胀缝、缩缝均设置传力杆。在自由边处，承受繁重交通的胀缝、施工缝，小于 90° 的面层角隅，下穿市政管线路段，以及雨水口和地下设施的检查井周围，应配筋补强。

混凝土既是刚性材料，又属于脆性材料。因此，混凝土路面板的构造，以最大限度发挥其刚性特点为目的，使路面能承受车轮荷载，保证行车平顺；同时又要克服其脆性的弱点，防止在车载和自然因素作用下发生开裂、破坏，最大限度提高其耐久性，延长服务周期。

（5）抗滑构造——混凝土面层应具有较大的粗糙度，即应具备较高的抗滑性能，以提高行车的安全性。因此可采用刻槽、压槽、拉槽或拉毛等方法形成一定的构造深度。

二、主要原材料选择

（1）重交通以上等级道路、城市快速路、主干路应采用 42.5 级及以上的道路硅酸盐水泥或硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥；其他道路可采用矿渣硅酸盐水泥，其强度等级不宜低于 32.5 级。

（2）粗集料应采用质地坚硬、耐久、洁净的碎石、砾石、破碎砾石，技术指标应符合规范要求，粗集料的最大公称粒径，碎砾石不得大于 26.5mm，碎石不得大于 31.5mm，砾石不宜大于 19.0mm；钢纤维混凝土粗集料最大粒径不宜大于 19.0mm。

（3）宜采用质地坚硬，细度模数在 2.5 以上，符合级配规定的洁净粗砂、中砂，技术指标应符合规范要求。使用机制砂时，还应检验磨光值，其值宜大于 35，不宜使用抗磨性较差的水成岩类机制砂。海砂不得直接用于混凝土面层。使用经过净化处理的海砂应符合《海砂混凝土应用技术规范》JGJ 206—2010 的规定。

（4）外加剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076—2008 的有关规定，并有合格证。使用外加剂应经试验，确认符合《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119—2013 的有关规定方可使用。

（5）钢筋的品种、规格、成分，应符合设计和现行国家标准规定，具有生产厂的牌号、炉号，检验报告和合格证，并经复试（含见证取样）合格。钢筋不得有锈蚀、裂纹、断伤和刻痕等缺陷。传力杆（拉杆）、滑动套材质、规格应符合规定。

（6）胀缝板宜用厚 20mm，水稳定性好，具有一定柔性的板材制作，且应经防腐处理。填缝材料宜用树脂类、橡胶类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类填缝材料，并宜加入耐老化剂。

1K411014 沥青混合料组成与材料

一、结构组成与分类

（一）材料组成

（1）沥青混合料是一种复合材料，主要由沥青、粗集料、细集料、矿粉组成，有的还加入聚合物和木质素纤维拌合而成；这些不同质量和数量的材料混合形成不同的结构，并

具有不同的力学性质。

（2）沥青混合料结构是材料单一结构和相互联系结构的概念的总和，包括沥青结构、矿物骨架结构及沥青-矿粉分散系统结构等。沥青混合料的结构取决于下列因素：矿物骨架结构、沥青的结构、矿物材料与沥青相互作用的特点、沥青混合料的密实度及其毛细孔隙结构的特点。

（3）沥青混合料的力学强度，主要由矿物颗粒之间的内摩阻力和嵌挤力，以及沥青胶结料及其与矿料之间的粘结力所构成。

（二）基本分类

（1）按材料组成及结构分为连续级配、间断级配。

（2）按矿料级配组成及空隙率大小分为密级配、半开级配、开级配。

（3）按公称最大粒径的大小可分为特粗式（公称最大粒径等于或大于 37.5mm）、粗粒式（公称最大粒径 26.5mm 或 31.5mm）、中粒式（公称最大粒径 16mm 或 19mm）、细粒式（公称最大粒径 9.5mm 或 13.2mm）、砂粒式（公称最大粒径小于等于 4.75mm）。

（4）按生产工艺分为热拌沥青混合料、冷拌沥青混合料、再生沥青混合料等。

（三）结构类型

可分为按嵌挤原则构成和按密实级配原则构成的两大结构类型。

（1）按嵌挤原则构成的沥青混合料的结构强度，是以矿物质颗粒之间的嵌挤力和内摩阻力为主、沥青结合料的粘结作用为辅构成的。特点是以较粗的、颗粒尺寸均匀的矿物质颗粒构成骨架，沥青结合料填充其空隙，粘结成整体。这类沥青混合料的结构强度受自然因素（温度）的影响较小。

（2）按密实级配原则构成的沥青混合料的结构强度，是以沥青与矿料之间的粘结力为主，矿物质颗粒间的嵌挤力和内摩阻力为辅构成的。这类沥青混合料的结构强度受温度的影响较大。

（3）按级配原则构成的沥青混合料，其结构组成通常有下列三种形式：

1）悬浮-密实结构：由次级集料填充前级集料（较次级集料粒径稍大）空隙的沥青混凝土具有很大的密度，但由于前级集料被次级集料和沥青胶浆分隔，不能直接互相嵌锁形成骨架，因此该结构具有较大的黏聚力 c，但内摩擦角 φ 较小，高温稳定性较差。通常按最佳级配原理进行设计。AC 型沥青混合料是这种结构的典型代表。

2）骨架-空隙结构：粗集料所占比例大，细集料很少甚至没有。粗集料可互相嵌锁形成骨架，嵌挤能力强；但细集料过少不易填充粗集料之间形成的较大的空隙。该结构内摩擦角 φ 较高，但黏聚力 c 较低。沥青碎石混合料（AM）和 OGFC 排水沥青混合料是这种结构的典型代表。

3）骨架-密实结构：较多数量的断级配粗集料形成空间骨架，发挥嵌挤锁结作用，同时由适当数量的细集料和沥青填充骨架间的空隙形成既嵌紧又密实的结构。该结构不仅内摩擦角 φ 较高，黏聚力 c 也较高，是综合以上两种结构优点的结构。沥青玛瑞脂碎石混合料（简称 SMA）是这种结构的典型代表。

三种结构的沥青混合料由于密度 ρ、空隙率 VV、矿料间隙率 VMA 不同，使它们在稳定性和路用性能上亦有显著差别。它们的典型结构组成示意图见图 1K411014。

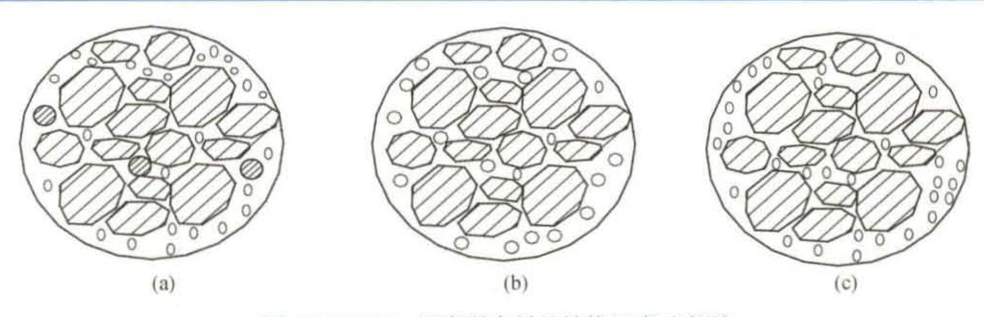


图 1K411014 沥青混合料的结构组成示意图

（a）悬浮－密实结构；（b）骨架－空隙结构；（c）骨架－密实结构

二、主要材料与性能

（一）沥青

《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008 规定：城镇道路面层宜优先采用 A 级沥青，B 级沥青可作为次干路及其以下道路面层使用，不宜使用煤沥青。其主要技术性能如下：

1. 粘结性

沥青材料在外力作用下，沥青粒子产生相互位移的抵抗变形的能力即沥青的粘度。常用的是条件粘度，《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 也将 60℃动力粘度（绝对粘度）作为道路石油沥青的选择性指标。对高等级道路，夏季高温持续时间长、重载交通、停车场等行车速度慢的路段，尤其是汽车荷载剪应力大的结构层，宜采用稠度大（针入度小）的沥青；对冬季寒冷地区、交通量小的道路宜选用稠度小的沥青。当需要满足高、低温性能要求时，应优先考虑高温性能的要求。

2. 感温性

感温性是指沥青材料的粘度随温度变化的感应性。表征指标之一是软化点，即沥青在特定试验条件下达到一定粘度时的条件温度。软化点高，意味着等粘温度也高，因此软化点可作为反映感温性的指标。《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004 规范新增了针入度指数（*PI*）这一指标，它是应用针入度和软化点的试验结果来表征沥青感温性的一项指标。对日温差、年温差大的地区宜选用针入度指数大的沥青。高等级道路，夏季高温持续时间长的地区、重载交通、停车站、有信号灯控制的交叉路口、车速较慢的路段或部位需选用软化点高的沥青，反之，则用软化点较小的沥青。

3. 耐久性

沥青材料在生产、使用过程中，受到热、光、水、氧气和交通荷载等外界因素的作用而逐渐变硬、变脆，改变原有的粘度和低温性能，这种变化称为沥青的老化。沥青应有足够的抗老化性能（即耐久性），使沥青路面具有较长的使用年限。我国相关规范规定，采用薄膜烘箱加热试验，测老化后沥青的质量变化、残留针入度比、残留延度（10℃或5℃）等来反映其抗老化性。通过水煮法试验，测定沥青和集料的粘附性，反映其抗水损害能力，等级越高，粘附性越好。

4. 塑性

沥青材料在外力作用下发生变形而不被破坏的能力，即反映沥青抵抗开裂的能力。过去采用的 25℃延度不能比较黏稠石油沥青的低温性能。现行规范规定：25℃延度改为

10℃延度或15℃延度，不同标号的沥青延度就有了明显的区别，从而反映出它们的低温性能，一般认为，低温延度越大，抗开裂性能越好。在冬季低温或高、低温差大的地区，要求采用低温延度大的沥青。

5. 安全性

确定沥青加热熔化时的安全温度界限，使沥青安全使用有保障。有关规范规定，通过闪点试验测定沥青加热点闪火的温度——闪点，确定它的安全使用范围。沥青越软（标号高），闪点越小。如沥青标号110～160号，闪点不小于230℃，标号90号不小于245℃。

（二）粗集料

（1）粗集料应洁净、干燥、表面粗糙；质量技术要求应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008有关规定。

（2）每种粗集料的粒径规格（即级配）应符合工程设计的要求。

（3）粗集料应具有较大的表观相对密度，较小的压碎值、洛杉矶磨耗损失、吸水率、针片状颗粒含量以及水洗法小于0.075mm颗粒含量和软石含量，如城市快速路、主干路表面层粗集料压碎值不大于26%、吸水率不大于2.0%等。

（4）城市快速路、主干路的表面层（或磨耗层）的粗集料的磨光值*PSV*应不少于36～42（雨量气候分区中干旱区 - 潮湿区），以满足沥青路面耐磨的要求。

（5）粗集料与沥青的粘附性应有较大值，城市快速路、主干路的集料对沥青的粘附性应大于或等于4级，次干路及以下道路应大于或等于3级。

（三）细集料

（1）细集料应洁净、干燥、无风化、无杂质，质量技术要求应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008有关规定。

（2）热拌密级配沥青混合料中天然砂用量不宜超过集料总量的20%，SMA、OGFC不宜使用天然砂。

（四）矿粉

（1）应采用石灰岩等憎水性石料磨成，且应洁净、干燥，不含泥土成分，外观无团粒结块。

（2）城市快速路、主干路的沥青面层不宜采用粉煤灰作填料。

（3）沥青混合料用矿粉质量要求应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008有关规定。

（五）纤维稳定剂

（1）木质素纤维技术要求应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008有关规定。

（2）不宜使用石棉纤维。

（3）纤维稳定剂应在250℃高温条件下不变质。

三、热拌沥青混合料主要类型及区别

（一）普通沥青混合料（即AC型沥青混合料）

（1）普通沥青混合料具有粘结性、感温性、耐久性、塑性、安全性等特性。

（2）普通沥青混合料是指由沥青、粗集料、细集料、矿粉或掺入聚合物和木质纤维素

拌合而成的一种复合材料。

（3）适用于城市次干路、辅路或人行道等场所。

（二）改性沥青（Modified bitumen）混合料

（1）改性沥青（Modified bitumen）混合料是指掺加橡胶、树脂、高分子聚合物、磨细的橡胶粉或其他填料等外掺剂（改性剂），使沥青或沥青混合料的性能得以改善制成的沥青混合料。

（2）改性沥青（Modified bitumen）混合料与AC型混合料相比具有较高的路面抗流动性即高温下抗车辙的能力，良好的路面柔性和弹性即低温下抗开裂的能力，较高的耐磨耗能力和延长使用寿命的特性。

（3）改性沥青（Modified bitumen）混合料面层适用城市主干道和城镇快速路。

（三）沥青玛瑞脂碎石混合料（Stone mastic asphalt，简称SMA）

（1）SMA是一种以沥青、矿粉及纤维稳定剂组成的沥青玛瑞脂结合料，填充于间断级配的矿料骨架中所形成的混合料。

（2）SMA是一种间断级配的沥青混合料，5mm以上的粗集料比例高达70%～80%，矿粉的用量达7%～13%（“粉胶比”超出通常值1.2的限制）；沥青用量较多，高达6.5%～7%，粘结性要求高，且选用针入度小、软化点高、温度稳定性好的沥青。

（3）SMA是当前国内外使用较多的一种抗变形能力强、耐久性较好的沥青面层混合料；适用于城市主干道和城镇快速路。

（四）改性沥青玛瑞脂碎石混合料

（1）采用改性沥青，材料配合比采用SMA结构形式。

（2）具有非常好的高温抗车辙能力、低温抗变形性能和水稳定性，且构造深度大，抗滑性能好，耐老化性能及耐久性等路面性能都有较大提高。

（3）适用于交通流量和行驶频度急剧增长，客运车的轴重不断增加，严格实行分车道单向行驶的城镇主干路和城镇快速路。

1K411015 沥青路面材料的再生应用

沥青路面材料的再生应用主要涉及沥青路面材料再生机理、再生剂的技术要求、再生沥青混合料配合比的确定因素及厂拌生产工艺。

一、再生目的与意义

（一）再生机理

（1）沥青路面材料在沥青混合料拌制、运输、施工和沥青路面使用过程中，由于加热和各种自然因素的作用，沥青逐渐老化，胶体结构改变，导致沥青针入度减小、粘度增大，延度降低，反映沥青流变性质的复合流动度降低，沥青的非牛顿性质更为显著。沥青的老化削弱了沥青与集料颗粒的粘结力，造成沥青路面的硬化，进而使路面粒料脱落、松散，降低了道路耐久性。

（2）沥青路面材料的再生，关键在于沥青的再生。沥青的再生是沥青老化的逆过程。在已老化的旧沥青中，加入某种组分的低粘度油料（即再生剂），或者加入适当稠度的沥青材料，经过科学合理的工艺，调配出具有适宜粘度并符合路用性能要求的再生沥青。再生沥青比旧沥青复合流动度有较大提高，流变性质大为改善。采用工业废渣时应进行环保

评价，避免污染自然环境。

（3）旧沥青路面现场热再生是用组合加热机械将原有老化路面的沥青混凝土熔化，再用加热的耙松机械将其耙松，掺入定量的再生剂和新沥青料，并用摊铺机重新摊铺、碾压，使旧路变成新路面。该工艺在施工过程中应注意控制温度、耙松厚度、掺料均匀性以及井周处理、压实度及周边绿化保护。

（二）再生技术

沥青路面材料再生技术是将需要翻修或者废弃的旧沥青混凝土路面，经过翻挖、回收、破碎、筛分，再添加适量的新集料、新沥青，重新拌合成为具有良好路用性能的再生沥青混合料，用于铺筑路面面层或基层的整套工艺技术。

（三）再生意义

沥青路面材料再生利用，能够节约大量的沥青和砂石材料，节省工程投资，同时，有利于处理废料，节约能源，保护环境，因而具有显著的经济效益和社会效益。

二、再生剂技术要求与选择

（一）再生剂作用

（1）当沥青路面中的旧沥青的粘度高于 106Pa·s 或针入度小于 40（0.1mm）时，应在旧沥青中加入低粘度的胶结料——再生剂，调节过高的粘度并使脆硬的旧沥青混合料软化，便于充分分散，和新料均匀混合。

（2）再生剂还能渗入旧沥青中，使其已凝聚的沥青质重新熔解分散，调节沥青的胶体结构，改善沥青流变性质。

（3）再生剂主要采用低粘度石油系的矿物油，如精制润滑油时的抽出油、润滑油、机油和重油等，为节省成本，工程上可用上述各种油料的废料。

（二）技术要求

（1）具有软化与渗透能力，即具备适当的粘度。

（2）具有良好的流变性质，复合流动度接近 1，显现牛顿液体性质。

（3）具有溶解分散沥青质的能力，即应富含芳香酚。可以再生效果系数 K——再生沥青的延度与原（旧）沥青延度的比值表征旧沥青添加再生剂后恢复原沥青性能的能力。

（4）具有较高的表面张力。

（5）必须具有良好的耐热化和耐候性（以试验薄膜烘箱试验前后粘度比衡量）。

（三）技术指标

（1）根据我国目前研究成果，再生剂的推荐是：25℃粘度：0.01～20Pa·s；25℃复合流动度大于 0.90；芳香酚含量大于 30%；25℃表面张力大于 36×10^{-3}N/m；薄膜烘箱试验粘度比（$\eta_{后}/\eta_{前}$）小于 3。

（2）日本的再生剂质量标准还要求：不含有毒物质；根据施工性能和旧料物理性能恢复的能力确定 60℃粘度；应有足够高的闪点（施工安全性）；规定了薄膜烘箱试验后的粘度比和质量变化（保证再生路面的耐久性）。

三、再生材料生产与应用

（一）再生混合料配合比

（1）再生沥青混合料配合比设计可采用普通热拌沥青混合料的设计方法，包括集料级配、混合料的各种物理力学性能指标的确定。经验表明：再生沥青混合料的配合比设计，

应考虑旧路面材料的品质，即回收沥青的老化程度，旧料中沥青的含量和集料级配，必须在旧料配合比、集料级配、再生沥青性能等方面调配平衡。

（2）再生剂选择与用量的确定应考虑旧沥青的粘度、再生沥青的粘度、再生剂的粘度等因素。

（3）再生沥青混合料中旧料含量：如直接用于路面面层，交通量较大，则旧料含量取低值，占 30%～40%；交通量不大时用高值，旧料含量占 50%～80%。

（二）生产工艺

（1）再生沥青混合料生产可根据再生方式、再生场地、使用机械设备不同而分为热拌、冷拌再生技术，人工、机械拌合，现场再生、厂拌再生等。采用间歇式拌合机拌制时，旧料含量一般不超过 30%，采用滚筒式拌合机拌制时，旧料含量可达 40%～80%。

（2）目前再生沥青混合料最佳沥青用量的确定方法采用马歇尔试验方法，技术标准原则上参照热拌沥青混合料的技术标准。由于再生沥青混合料组成的复杂性，个别指标可适当放宽或不予要求，并根据试验结果和经验确定。

（3）再生沥青混合料性能试验指标有：空隙率、矿料间隙率、饱和度、马歇尔稳定度、流值等。

（4）再生沥青混合料的检测项目有车辙试验动稳定度、残留马歇尔稳定度、冻融劈裂抗拉强度比等，其技术标准参考热拌沥青混合料标准。

（三）再生混合料用于路面下层

在保证再生混合料质量的基础上宜尽可能多地使用旧料。

1K411016 不同形式挡土墙的结构特点

一、常见挡土墙的结构形式及特点

在城市道路桥梁工程中常见的挡土墙有现浇钢筋混凝土结构挡土墙、装配式钢筋混凝土结构挡土墙、砌体结构挡土墙和加筋土挡土墙。按照挡土墙结构形式及结构特点，可分为重力式、衡重式、悬臂式、扶壁式、柱板式、锚杆式、自立式、加筋土等不同挡土墙，其结构形式及结构特点简述见表 1K411016。

挡土墙结构形式及分类　　表 1K411016

类型	结构示意图	结构特点
重力式	路中心线	① 依靠墙体自重抵挡土压力作用； ② 一般用浆砌片（块）石砌筑，缺乏石料地区可用混凝土砌块或现场浇筑混凝土； ③ 形式简单，就地取材，施工简便
	墙趾 钢筋 凸榫	① 依靠墙体自重抵挡土压力作用； ② 在墙背设少量钢筋，并将墙趾展宽（必要时设少量钢筋）或基底设凸榫抵抗滑动； ③ 可减薄墙体厚度，节省混凝土用量

续表

类型	结构示意图	结构特点
衡重式	上墙 衡重台 下墙	① 上墙利用衡重台上填土的下压作用和全墙重心的后移增加墙体稳定； ② 墙胸坡陡，下墙倾斜，可降低墙高，减少基础开挖
钢筋混凝土悬臂式	立壁 钢筋 墙趾板 墙踵板	① 采用钢筋混凝土材料，由立壁、墙趾板、墙踵板三部分组成； ② 墙高时，立壁下部弯矩大，配筋多，不经济
钢筋混凝土扶壁式	墙面板 扶壁 墙趾板 墙踵板	① 沿墙长，隔适当距离加筑肋板（扶壁），使墙面与墙踵板连接； ② 比悬臂式受力条件好，在高墙时较悬臂式经济
带卸荷板的柱板式	立柱 挡板 拉杆 卸荷板底梁 牛腿 基座	① 由立柱、底梁、拉杆、挡板和基座组成，借卸荷板上的土重平衡全墙； ② 基础开挖较悬臂式少； ③ 可预制拼装，快速施工
锚杆式	肋柱 岩层分界线 锚杆 岩石 预制挡板	① 由肋柱、挡板和锚杆组成，靠锚杆固定在岩体内拉住肋柱； ② 锚头为楔缝式或砂浆锚杆
自立式（尾杆式）	立柱 预制挡板 拉杆（尾杆） 锚锭块	① 由拉杆、挡板、立柱、锚锭块组成，靠填土本身和拉杆、锚锭块形成整体稳定； ② 结构轻便、工程量节省，可以预制、拼装，施工快速、便捷； ③ 基础处理简单，有利于地基软弱处进行填土施工，但分层碾压需慎重，土也要有一定选择
加筋土	拉筋 面板 填土 基础	① 加筋土挡墙是填土、拉筋和面板三者的结合体，拉筋与土之间的摩擦力及面板对填土的约束，使拉筋与填土结合成一个整体的柔性结构，能适应较大变形，可用于软弱地基，耐震性能好于刚性结构； ② 可解决很高（国内有 3.6～12m 的实例）的垂直填土，减少占地面积； ③ 挡土面板、加筋条定型预制，现场拼装，土体分层填筑，施工简便、快速、工期短； ④ 造价较低，为普通挡墙（结构）造价的 40%～60%； ⑤ 立面美观，造型轻巧，与周围环境协调

重力式挡土墙依靠墙体的自重抵抗墙后土体的侧向推力（土压力），以维持土体稳定，多用料石或混凝土预制块砌筑，或用混凝土浇筑，是目前城镇道路常用的一种挡土墙形式。

衡重式挡土墙的墙背在上下墙间设衡重台，利用衡重台上的填土重量使全墙重心后移增加墙体的稳定性。

悬臂式挡土墙由底板及固定在底板上的悬臂式立壁构成，主要依靠底板上的填土重量维持挡土构筑物的稳定。

扶壁式挡土墙由底板及固定在底板上的墙面板和扶壁构成，主要依靠底板上的填土重量维持挡土构筑物的稳定。

带卸荷板的柱板式挡土墙是借卸荷板上部填土的重力平衡土体侧压力的挡土构筑物。

锚杆式挡土墙是利用板肋式、格构式或排桩式墙身结构挡土，依靠固定在岩石或可靠地基上的锚杆维持稳定的挡土建筑物。

自立式挡土墙是利用板桩挡土，依靠填土本身、拉杆及固定在可靠地基上的锚锭块维持整体稳定的挡土建筑物。

加筋土挡土墙是利用较薄的墙身结构挡土，依靠墙后布置的土工合成材料减少土压力以维持稳定的挡土建筑物。

挡土墙基础地基承载力必须符合设计要求，并经检测验收合格后方可进行后续工序施工。施工中应按设计规定施作挡土墙的排水系统、泄水孔、反滤层和结构变形缝。墙背填土应采用透水性材料或设计规定的填料。当挡土墙墙面需立体绿化时，应报请建设单位补充防止挡土墙基础浸水下沉的设计。挡土墙投入使用时，应进行墙体变形观测，确认合格要求。

二、挡土墙结构受力

挡土墙结构会受到土体的侧压力作用，该力的总值会随结构与土相对位移和方向而变化，侧压力的分布会随结构施工程序及变形过程特性而变化。挡土墙结构承受的土压力有：静止土压力、主动土压力和被动土压力。

静止土压力（见图 1K411016a）：若刚性的挡土墙保持原位静止不动，墙背土层在未受任何干扰时，作用在墙上水平的压应力称为静止土压力；其合力为 E_0（kN/m）、强度为 P_0（kPa）。

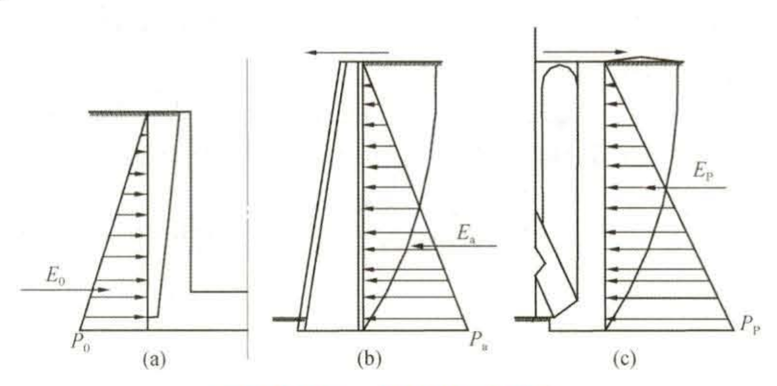


图 1K411016　土压力的三种形式

（a）静止土压力；（b）主动土压力；（c）被动土压力

主动土压力（见图 1K411016b）：若刚性挡土墙在填土压力作用下，背离填土一侧移动，这时作用在墙上的土压力将由静止压力逐渐减小，当墙后土体达到极限平衡，土体开始剪裂，并产生连续滑动面，使土体下滑。这时土压力减到最小值，称为主动土压力。合力和强度分别用 E_a（kN/m）和 P_a（kPa）表示。

被动土压力（见图 1K411016c）：若刚性挡土墙在外力作用下，向填土一侧移动，这时作用在墙上的土压力将由静止压力逐渐增大，当墙后土体达到极限平衡，土体开始剪裂，出现连续滑动面，墙后土体向上挤出隆起，这时土压力增到最大值，称为被动土压力。

三种土压力中，主动土压力最小；静止土压力其次；被动土压力最大，位移也最大。

1K411020 城镇道路路基施工

1K411021 城镇道路路基施工技术

一、路基施工特点与程序

（一）施工特点

（1）城市道路路基工程施工处于露天作业，受自然条件影响大；在工程施工区域内的专业类型多、结构物多、各专业管线纵横交错；专业之间及社会之间配合工作多、干扰多，导致施工变化多。尤其是旧路改造工程，交通压力极大，地下管线复杂，行车安全、行人安全及树木、构筑物等保护要求高。

（2）路基施工以机械作业为主，人工配合为辅；人工配合土方作业时，必须设专人指挥；采用流水或分段平行作业方式。

（二）施工项目

城市道路路基工程包括路基（路床）本身及有关的土（石）方、沿线的涵洞、挡土墙、路肩、边坡、各类管线等项目。

（三）基本流程

1. 准备工作

（1）按照交通管理部门批准的交通导行方案设置围挡，导行临时交通。

（2）开工前，施工项目技术负责人应依据获准的施工方案向施工人员进行技术安全交底，强调工程难点、技术要点、安全措施。使作业人员掌握要点，明确责任。

（3）对已知的测量控制点进行闭合加密，建立测量控制网，再进行施工控制桩放线测量，恢复中线，补钉转角桩、路两侧外边桩等。

（4）施工前，应根据工程地质勘察报告，对路基土进行天然含水量、液限、塑限、标准击实、*CBR* 试验，必要时应做颗粒分析、有机质含量、易溶盐含量、冻胀和膨胀量等试验。

2. 附属构筑物

（1）地下管线、涵洞（管）等构筑物是城镇道路路基工程中必不可少的组成部分。涵洞（管）等构筑物可与路基（土方）同时进行，但新建的地下管线施工必须遵循“先地下，后地上”“先深后浅”的原则。

（2）既有地下管线等构筑物的拆改、加固保护。

（3）修筑地表水和地下水的排除设施，为后续的土、石方工程施工创造条件。

3. 路基（土、石方）施工

开挖路堑、填筑路堤，整平路基、压实路基、修整路床，修建防护工程等。

二、路基施工要点

（一）填土路基

当原地面标高低于设计路基标高时，需要填筑土方（即填方路基）。

（1）排除原地面积水，清除树根、杂草、淤泥等。应妥善处理坟坑、井穴、树根坑的坑槽，分层填实至原地面高。

（2）填方段内应事先找平，当地面横向坡度陡于1∶5时，需修成台阶形式，每层台阶高度不宜大于300mm，宽度不应小于1.0m。

（3）根据测量中心线桩和下坡脚桩，分层填土、压实。

（4）碾压前检查铺筑土层的宽度、厚度及含水量，合格后即可碾压，碾压"先轻后重"，最后碾压应采用不小于12t级的压路机。

（5）填方高度内的管涵顶面填土500mm以上才能用压路机碾压。

（6）路基填方高度应按设计标高增加预沉量值。填土至最后一层时，应按设计断面、高程控制填土厚度并及时碾压修整。

（7）性质不同的填料应分类、分层填筑、压实；路基高边坡施工应制定专项施工方案。

（二）挖土路基

当路基设计标高低于原地面标高时，需要挖土成型——挖方路基。

（1）路基施工前，应将现况地面上积水排除、疏干，将树根坑、坟坑、井穴等部位进行技术处理。

（2）根据测量中线和边桩开挖。

（3）挖土时应自上向下分层开挖，严禁掏洞开挖。机械开挖时，必须避开构筑物、管线，在距管道边1m范围内应采用人工开挖；在距直埋缆线2m范围内必须采用人工开挖。挖方段不得超挖，应留有碾压到设计标高的压实量。

（4）压路机不小于12t级，碾压应自路两边向路中心进行，直至表面无明显轮迹为止。

（5）碾压时，应视土的干湿程度而采取洒水或换土、晾晒等措施。

（6）过街雨水支管沟槽及检查井周围应用石灰土或石灰粉煤灰砂砾填实。

（三）石方路基

（1）修筑填石路堤应进行地表清理，先码砌边部，然后逐层水平填筑石料，确保边坡稳定。

（2）先修筑试验段，以确定松铺厚度、压实机具组合、压实遍数及沉降差等施工参数。

（3）填石路堤宜选用12t以上的振动压路机、25t以上轮胎压路机或2.5t的夯锤压（夯）实。

（4）路基范围内管线、构筑物四周的沟槽宜回填土料。

三、质量检查与验收

检验与验收项目：主控项目为压实度和弯沉值（0.01mm）；一般项目有路床纵断高程、中线偏位、平整度、宽度、横坡及路堤边坡等要求。土质路基压实度应符合后文中表1K420095-1的规定。

1K411022 城镇道路路基压实作业要点

城市道路路基压实作业要点主要应掌握：依据工程的实际情况，合理调节压实机具、

压实方法与压实厚度三者的关系，达到所要求的压实密度。

一、路基材料与填筑

（一）材料要求

（1）应符合设计要求和有关规范的规定。填料的强度（*CBR*）值应符合设计要求，其最小强度值应符合表 1K411022 的规定。

路基填料强度（*CBR*）的最小值 表 1K411022

填方类型	路床顶面以下深度（cm）	最小强度（%）	
		城市快速路、主干路	其他等级道路
路床	0～30	8.0	6.0
路基	30～80	5.0	4.0
路基	80～150	4.0	3.0
路基	＞150	3.0	2.0

（2）不应使用淤泥、沼泽土、泥炭土、冻土、有机土及含生活垃圾的土做路基填料，填土内不得含有草、树根等杂物，粒径超过 100mm 的土块应打碎。

（二）填筑

（1）填土应分层进行。下层填土合格后，方可进行上层填筑。路基填土宽度应比设计宽度每侧宽 500mm。

（2）对过湿土翻松、晾干，或对过干土均匀加水，使其含水量接近最佳含水量范围之内。

二、路基压实施工要点

（一）试验段

（1）在正式进行路基压实前，有条件时应做试验段，以便取得路基施工相关的技术参数。

（2）试验目的主要有：

1）确定路基预沉量值。

2）合理选用压实机具；选用机具考虑因素有道路不同等级、工程量大小、地质条件、作业环境和工期要求等。

3）按压实度要求，确定压实遍数。

4）确定路基宽度内每层虚铺厚度。

5）根据土的类型、湿度、设备及场地条件，选择压实方式。

（二）路基下管道回填与压实

（1）当管道位于路基范围内时，其沟槽的回填土压实度应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 的规定且管顶以上 50cm 范围内应采用轻型压实机具。

（2）当管道结构顶面至路床的覆土厚度不大于 50cm 时，应对管道结构进行加固。

（3）当管道结构顶面至路床的覆土厚度在 50～80cm 时，路基压实时应对管道结构采取保护或加固措施。

（三）路基压实

（1）压实方法（式）：重力压实（静压）和振动压实两种。

（2）土质路基压实应遵循的原则："先轻后重、先静后振、先低后高、先慢后快，轮迹重叠。"压路机最快速度不宜超过4km/h。

（3）碾压应从路基边缘向中央进行，压路机轮外缘距路基边应保持安全距离。

（4）碾压不到的部位应采用小型夯压机夯实，防止漏夯，要求夯击面积重叠1/4～1/3。

三、土质路基压实质量检查

（1）主要检查各层压实度，不符合质量标准时应采取措施改进。

（2）路床应平整、坚实，无显著轮迹、翻浆、波浪、起皮等现象。

（3）路堤边坡应密实、稳定、平顺。

（4）路基顶面（路床）应进行压实度和弯沉值检测，并符合设计或相关标准要求。

1K411023 岩土分类与不良土质处理方法

一、工程用土分类

（一）按土的工程分类标准分类

（1）依据《土的工程分类标准》GB/T 50145—2007，工程用土指工程勘察、建筑物地基、堤坝填料和地基处理等所涉及的土类，有机土是指土料中大部分成分为有机物质的土。

（2）工程用土的类别根据下列土的指标确定：

1）土颗粒组成及其特征、土的分类和土颗粒粒径关系如图1K411023所示。

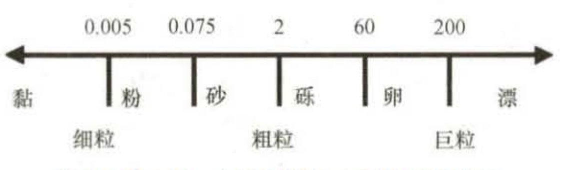


图1K411023 土的分类和土颗粒粒径关系（单位：mm）

2）土的塑性指标：液限（ω_L）、塑限（ω_p）和塑性指数（I_p）。

3）土中有机质含量。

（二）按照土的坚实系数分类

1. 一类土，松软土

主要包括砂土、粉土、冲积砂土层、疏松种植土、淤泥（泥炭）等，坚实系数为0.5～0.6。

2. 二类土，普通土

主要包括粉质黏土，潮湿的黄土，夹有碎石、卵石的砂，粉土混卵（碎）石；种植土、填土等；坚实系数为0.6～0.8。

3. 三类土，坚土

主要包括软及中等密实黏土，重粉质黏土，砾石土，干黄土、含有碎石卵石的黄土、粉质黏土；压实的填土等；坚实系数为0.8～1.0。

4. 四类土，砂砾坚土

主要包括坚硬密实的黏性土或黄土，含有碎石卵石的中等密实的黏性土或黄土，粗卵石；天然级配砂石，软泥灰岩等；坚实系数为1.0～1.5。

5. 五类土，软石

主要包括硬质黏土，中密的页岩、泥灰岩、白垩土；胶结不紧的砾岩，软石灰及贝壳石灰石等；坚实系数为1.5～4.0。

二、土的性能参数

（一）土的工程性质

1．土的强度性质

土的工程性质除表现为坚实系数外，还表现在土的强度性质。土的强度性质除与其颗粒粒径级配有关外，还与土的三相（固相、液相和气相）组成部分之间的比例有关。固相是以颗粒形式的散体状态存在。固、液、气三相间相互作用对土的工程性质有很大的影响。

2．土体应力应变

土体应力应变关系的复杂性从根本上讲都与土颗粒相互作用有关，土的密实状态决定其力学性质。通过对土中固、液、气相相互作用的研究还有助于促进非饱和土力学理论的发展，有助于进一步了解各类非饱和土的工程性质。

（二）路用工程（土）主要性能参数

含水量 ω：土中水的质量与干土粒质量之比，即 $\omega = W_w/W_s$，（%）。

天然密度 ρ：土的质量与其体积之比，即 $\rho = W/V$，（g/cm^3，t/m^3）。

孔隙比 e：土的孔隙体积与土粒体积之比，即 $e = V_v/V_s$。

液限 ω_L：土由流动状态转为可塑状态时的界限含水量为塑性上限，称为液性界限，简称液限。

塑限 ω_p：土由可塑状态转为半固体状态时的界限含水量为塑性下限，称为塑性界限，简称塑限。

塑性指数 I_p：土的液限与塑限之差值，$I_p = \omega_L - \omega_p$，即土处于塑性状态的含水量变化范围，表征土的塑性大小。

液性指数 I_L：土的天然含水量与塑限之差值对塑性指数之比值，$I_L = (\omega - \omega_p)/I_p$，$I_L$ 可用以判别土的软硬程度；$I_L < 0$ 为坚硬、半坚硬状态，$0 \leqslant I_L < 0.5$ 为硬塑状态，$0.5 \leqslant I_L < 1.0$ 为软塑状态，$I_L \geqslant 1.0$ 流塑状态。

孔隙率 n：土的孔隙体积与土的体积（三相）之比，即 $n = V_v/V$，（%）。

土的压缩性指标 E_S：$E_S = 1 + e_c/a$，e_c 为土的天然孔隙比，a 为从土的自重应力至土的自重加附加应力段的压缩系数。

（三）土体的抗剪强度

土的强度性质通常是指土体的抗剪强度，即土体抵抗剪切破坏的能力。土体会因受拉而开裂，也可因受剪而破坏。土体中各点的力学性质会因其物理状态的不均而不同，因此土体的剪切破坏可能是局部的，也可能是整体的。

道路工程中不良土质路基需解决的主要问题是提高地基承载力、土坡稳定性等，处理方法选择应经技术经济比较，因地制宜确定。

三、不良土质路基的处理方法

（1）不良土质路基在加固处理施工前应做好如下准备工作：进行详细的现场调查，依据工程地质勘察报告核查特殊土（黄土、湿黏土、膨胀土、软土、盐渍土、冻土等）的分布范围与地层特征，特殊土的物理、力学和水力特性，以及道路沿线的水文与地质条件，合理确定路基处理或处治的方案，使其具有良好的抗变形能力和稳定性要求；选择适宜的季节进行路基加固处理施工。

（2）淤泥、淤泥质土及天然强度低、压缩性高、透水性小的黏土统称为软土。由淤

泥、淤泥质土、水下沉积的饱和软黏土为主组成的软土在我国南方有广泛分布，这些土都具有天然含水量较高、孔隙比大、透水性差、压缩性高、强度低等特点。软土地区路基的主要破坏形式是沉降过大引起路基开裂。在较大荷载作用下，地基易发生整体剪切、局部剪切或刺入破坏，造成路面沉降和路基失稳；孔隙水压力过载（来不及消散）、剪切变形过大，会造成路基边坡失稳。

软土路基处理的施工方法有数十种，常用的处理方法有表层处理法、换填法、重压法、垂直排水固结法等；具体可采取置换土、抛石挤淤、砂垫层置换、反压护道、砂桩、粉喷桩、塑料排水板及土工织物等处理措施。选择就地处理方法时，除满足安全可靠的要求外，还应综合考虑工程造价、施工技术和工期等因素，选择一种或数种方法综合应用。

（3）湿陷性黄土土质较均匀、结构疏松、孔隙发育。在未受水浸湿时，一般强度较高，压缩性较小，但在一定压力下受水浸湿，土结构会迅速破坏，产生较大附加下沉，强度迅速降低。由于存在大量节理和裂隙，故黄土的抗剪强度表现出明显的各向异性。可能产生的主要病害有路基变形、凹陷、开裂，道路边坡崩塌、剥落，道路结构内部易被水冲蚀成土洞和暗河。为保证路基稳定，在湿陷性黄土地区施工应注意采取特殊的加固措施，减轻或消除其湿陷性。

湿陷性黄土路基处理施工除采用防止地表水下渗的措施外，可根据工程具体情况采取换土法、强夯法、挤密法、预浸法、化学加固法等因地制宜进行处理，并采取防冲、截排、防渗等防护措施。加筋土挡土墙是湿陷性黄土地区得到迅速推广的有效防护措施。

（4）具有吸水膨胀或失水收缩特性的高液限黏土称为膨胀土。该类土具有较大的塑性指数，在坚硬状态下工程性质较好，但其显著的胀缩特性可使路基发生变形、位移、开裂、隆起等严重破坏。

膨胀土路基主要应解决的问题是减轻和消除胀缩性对路基的危害，可采取的措施包括：用灰土桩、水泥桩或用其他无机结合料对膨胀土路基进行加固和改良；换填或堆载预压对路基进行加固；同时应对路基采取防水和保湿措施，如设置排水沟，设置不透水面层结构，在路基中设不透水层，在路基裸露的边坡等部位植草、植树等；调节路基内干湿循环，减少坡面径流，并增强坡面的防冲刷、防变形、防溜塌和滑坡能力。

（5）冻土分为季节性冻土和多年性冻土两大类。冻土在冻结状态强度较高、压缩性较低。融化后承载力急剧下降，压缩性提高，地基容易产生融沉。冻胀也对地基产生不利影响。一般土颗粒愈细，含水量愈大，土的冻胀和融沉性愈大，反之愈小。在城市道路中，土基冻胀量与冻土层厚度成正比。土质及压实度的不均匀也容易发生不均匀融沉。

对于季节性冻土，为了防止路面因路基冻胀而发生变形破坏，在路基施工中应注意以下几点：

1）应尽量减少和防止道路两侧地表水或地下水在冻结前或冻结过程中渗入到路基顶部，可增加路基总高度，使其满足最小填土高度要求。

2）选用不发生冻胀的路面结构层材料。根据不同路面材料、土基及路面下的冰冻深度与温度之间的关系，控制土基冻层厚度不超过一定限度，以便冻胀量不超过允许值。

3）对于不满足防冻胀要求的结构，可采用调整结构层的厚度或采用隔温性能好的材料等措施来满足防冻胀要求。多孔矿渣是较好的隔温材料。

4）为防止不均匀冻胀，防冻层厚度（包括路面结构层）应不低于标准规定。

1K411024　水对城镇道路路基的危害

一、地下水分类与水土作用

（一）地下水分类

（1）地下水是埋藏在地面以下土颗粒孔隙之中以及岩石孔隙和裂隙中的水。土中水具有固、液、气三种形态，其中液态水有吸着水、薄膜水、毛细水和重力水。毛细水可在毛细作用下逆重力方向上升一定高度，在0℃以下仍能移动、积聚，发生冻胀。

（2）从工程地质的角度，根据地下水的埋藏条件又可将地下水分为上层滞水、潜水、承压水（见图1K411024）。上层滞水分布范围有限，但接近地表，水位受气候、季节影响大，大幅度的水位变化会给工程施工带来困难。潜水分布广，与道路等市政公用工程关系密切。在干旱和半干旱的平原地区，若潜水的矿化度较高且埋藏较浅，应注意土的盐渍化。由于盐渍土可使路基盐胀和吸湿软化，所以路基施工时要做好排水工作，并采用隔离层等措施。承压水存在于地下两个隔水层之间，具有一定的水头高度，一般需注意其向上的排泄，即对潜水和地表水的补给或以上升泉的形式出露。

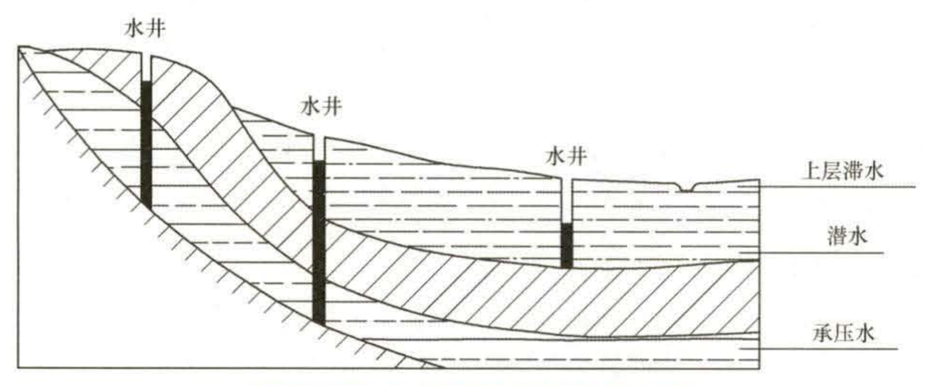


图1K411024　地下水埋藏条件与分类示意图

（二）水土作用

（1）工程实践表明：在对道路路基施工、运行与维护造成危害的诸多因素中，影响最大、最持久的是地下水。水与土体相互作用，可以使土体的强度和稳定性降低，导致路基或地下构筑物周围土体软化，并可能产生滑坡、沉陷、潜蚀、管涌、冻胀、翻浆等危害。因此市政公用工程，特别是城镇道路的安全运行必须考虑沿线地下水的类型、埋藏条件及活动规律，以便采取措施保证工程安全。

（2）道路沿线地表水积水及排泄方式、邻近河道洪水位和常水位的变化，也会造成路基产生滑坡、沉陷、冻胀、翻浆等危害。为保证路基边坡的稳定性，应根据当地的具体条件和工程特点，采取防护与加固措施，并注意与当地环境协调。

（3）地下水位和地下水的运动规律，其他形式的水文和水文地质因素对路基或其他构筑物基础的稳定性有影响，也是影响主体结构安全和运行安全的重要因素，需要在工程建设和维护运行中充分考虑。

二、地下水和地表水的控制

路基的各种病害或变形的产生，都与地表水和地下水的浸湿和冲刷等破坏作用有关。要保证路基的稳定性，提高路基抗变形能力，必须采取相应的排水措施或隔水措施，以消

除或减轻水对路基稳定的危害。

（一）路基排水

路基排水分为地面和地下两类。一般情况下可以通过设置各种管渠、地下排水构筑物等办法达到迅速排水的目的。在有地下水或地表水水流危害路基边坡稳定时，可设置渗沟或截水沟。边坡较陡或可能受到流水冲刷时，可设置各种类型的护坡、护墙等。

（二）路基隔（截）水

（1）地下水位接近或高于路床标高时，应设置暗沟、渗沟或其他设施，以排除或截断地下水流，降低地下水位。

（2）地下水位或地面积水水位较高，路基处于过湿状态或强度与稳定性不符合要求的潮湿状态时，可设置隔离层或采取疏干等措施。可采用土工织物、塑料板等材料疏干或超载预压提高承载能力与稳定性。

三、危害控制措施

（一）路基与路面

（1）路基结构形式要满足设计要求。基层施工中严格控制细颗粒含量，在潮湿路段，应采用水稳定好且透水的基层。对于冻深较大的季节性冻土地区，应采取预防冻胀和翻浆的具体措施。

（2）面层结构除满足设计要求外，应考虑地表水的排放，防止地表水渗入基层；且其总厚度要满足防冻层厚度的要求，避免路基出现较厚的聚冰带而导致路面开裂和过大的不均匀冻胀。如果面层厚度不足，可用水稳定性好的砂砾料或隔温性好的材料设置垫层。

（二）附属构筑物

（1）过街支管与检查井接合部应采取密封措施，防止渗漏水造成路面早期塌陷。

（2）管道与检查井、收水井周围回填压实要达到设计要求和规范相关规定，防止地表水渗入造成道路的破坏。

1K411030 城镇道路基层施工

1K411031 不同无机结合料稳定基层特性

基层的材料与施工质量是影响路面使用性能和使用寿命的最关键因素。

一、无机结合料稳定基层

目前大量采用结构较密实、孔隙率较小、透水性较小、水稳性较好、适宜于机械化施工、技术经济较合理的水泥、石灰及工业废渣稳定材料施工基层，这类基层通常被称为无机结合料稳定基层。

二、常用的基层材料

（一）石灰稳定土类基层

（1）石灰稳定土有良好的板体性，但其水稳性、抗冻性以及早期强度不如水泥稳定土。石灰土的强度随龄期增长，并与养护温度密切相关，温度低于5℃时强度几乎不增长。

（2）石灰稳定土的干缩和温缩特性十分明显，且都会导致裂缝。与水泥土一样，由于其收缩裂缝严重，强度未充分形成时表面会遇水软化，容易产生唧浆冲刷等损坏，石灰土已被严格禁止用于高等级路面的基层，只能用作高级路面的底基层。

（二）水泥稳定土基层

（1）水泥稳定土有良好的板体性，其水稳性和抗冻性都比石灰稳定土好。水泥稳定土的初期强度高，其强度随龄期增长。水泥稳定土在暴露条件下容易干缩，低温时会冷缩，导致裂缝。

（2）水泥稳定细粒土（简称水泥土）的干缩系数、干缩应变以及温缩系数都明显大于水泥稳定粒料，水泥土产生的收缩裂缝会比水泥稳定粒料的裂缝严重得多；水泥土强度没有充分形成时，表面遇水会软化，导致沥青面层龟裂破坏；水泥土的抗冲刷能力低，当水泥土表面遇水后，容易产生唧浆冲刷，导致路面裂缝、下陷，并逐渐扩展。为此，水泥土只用作高级路面的底基层。

（三）石灰工业废渣稳定土基层

（1）石灰工业废渣稳定土中，应用最多、最广的是石灰粉煤灰类的稳定土（粒料），简称二灰稳定土（粒料），其特性在石灰工业废渣稳定土中具有典型性。

（2）二灰稳定土有良好的力学性能、板体性、水稳性和一定的抗冻性，其抗冻性能比石灰土高很多。

（3）二灰稳定土早期强度较低，但随龄期增长并与养护温度密切相关，温度低于4℃时强度几乎不增长；二灰中的粉煤灰用量越多，早期强度越低，3个月龄期的强度增长幅度就越大。

（4）二灰稳定土也具有明显的收缩特性，但小于水泥土和石灰土，也被禁止用于高等级路面的基层，而只能做底基层。二灰稳定粒料可用于高等级路面的基层与底基层。

（5）二灰稳定粒料基层中的粉煤灰，若三氧化硫含量偏高，易使路面起拱，直接影响道路基层和面层的弯沉值。

【案例1K411031】

1. 背景

某公司中标城市主干道路面大修工程，其中包括部分路段的二灰粒料路基施工。施工项目部为了减少对城市交通的影响，采取夜间运输基层材料，白天分段摊铺碾压的做法。施工中发现基层材料明显离析，压实后的表面有松散现象；局部清除浮料后采用贴料法补平。现场监理工程师发现后认定为重大质量事故隐患，要求项目部采取措施进行纠正。

2. 问题

（1）从背景材料看，控制基层材料离析应从哪些方面入手？

（2）试分析压实后的基层表面产生松散现象的主要成因。

（3）清除浮料后局部采用贴料补平法是否可行？

（4）监理工程师为何认定为重大质量隐患？

3. 参考答案

（1）应从以下三个方面控制基层材料离析：

1）基层材料生产：

① 集料堆放要采用小料堆，避免大料堆放时大颗粒流到外侧。

② 二灰的含量应严格控制，减少混合料中小于0.075mm颗粒的含量。

③ 混合料的总拌合时间一般在35s左右。

2）基层材料运输堆放：

为避免运输堆放的离析现象，装料时应分次、均匀上料；卸料时要尽量使混合料整体卸落；堆放料堆应便于摊铺，避免二次倒运。

3）基层材料摊铺：

尽可能连续摊铺混合料。施工场地受到限制时应尽可能减少停顿和重新启动次数；特别是调整摊铺机的速度，使摊铺机的产量和拌合机的产量相匹配等。

（2）从背景材料看，可能原因有：混合料运送堆放未很好覆盖，且摊铺前堆放时间长，混合料含水量未视条件适当调整，以使现场的混合料含水量接近最佳含水量。

（3）不可行。《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008 中规定：基层施工中严禁用贴薄层方法整平修补表面。贴薄层找平后基层整体稳定性差。

（4）因为基层设置在面层之下，并与面层一起将车轮荷载的反复作用传布到底基层、垫层、土基，起主要的承重作用；对基层材料的强度指标应有较高的要求；出现背景所说的路面基层问题将直接影响到道路的使用质量，所以可以认定为重大质量隐患。

1K411032 城镇道路基层施工技术

一、石灰稳定土基层与水泥稳定土基层

（一）材料与拌合

（1）石灰、水泥、土、集料拌合用水等原材料应进行检验，符合要求后方可使用，并按照规范要求进行材料配合比设计。

（2）城区施工应采用厂拌（异地集中拌合）方式，不得使用路拌方式，以保证配合比准确且达到文明施工要求。

（3）应根据原材料含水量变化、集料的颗粒组成变化、施工温度的变化、运输距离及时调整拌合用水量。

（4）稳定土拌合前，应先筛除集料中不符合要求的粗颗粒。

（5）宜用强制式拌合机进行拌合，拌合应均匀。

（二）运输与摊铺

（1）拌成的稳定土类混合料应及时运送到铺筑现场。水泥稳定土材料自搅拌至摊铺完成，不应超过 3h。

（2）运输中应采取防止水分蒸发和防扬尘措施。

（3）宜在春末和气温较高季节施工，施工气温应不低于 5℃。

（4）厂拌石灰土类混合料摊铺时路床应润湿。

（5）雨期施工应防止石灰、水泥和混合料淋雨；降雨时应停止施工，已摊铺的应尽快碾压密实。

（三）压实与养护

（1）压实系数应经试验确定。

（2）摊铺好的石灰稳定土应当天碾压成活，碾压时的含水量宜在最佳含水量的允许偏差范围内。水泥稳定土宜在水泥初凝前碾压成型。

（3）直线和不设超高的平曲线段，应由两侧向中心碾压；设超高的平曲线段，应由内

侧向外侧碾压。纵、横接缝（槎）均应设直槎。

（4）纵向接缝宜设在路中线处，横向接缝应尽量减少。

（5）石灰土压实成活后应立即洒水（或覆盖）养护，保持湿润，直至上部结构施工为止；水泥土分层摊铺时，应在下层养护 7d 后方可摊铺上层材料。

（6）养护期应封闭交通。

二、石灰粉煤灰稳定砂砾（碎石）基层（也可称二灰混合料）

（一）材料与拌合

（1）对石灰、粉煤灰等原材料应进行质量检验，符合要求后方可使用。

（2）按规范要求进行混合料配合比设计，使其符合设计与检验标准的要求。

（3）采用厂拌（异地集中拌合）方式，强制式拌合机拌制，配料应准确，拌合应均匀。

（4）拌合时应先将石灰、粉煤灰拌合均匀，再加入砂砾（碎石）和水均匀拌合。

（5）混合料含水量宜略大于最佳含水量。

（二）运输与摊铺

（1）运送混合料应覆盖，防止水分蒸发和遗撒、扬尘。

（2）施工期的日最低气温应在 5℃以上。

（3）根据试验确定的松铺系数控制虚铺厚度。

（三）压实与养护

（1）每层最大压实厚度为 200mm，且不宜小于 100mm。

（2）碾压时采用先轻型、后重型压路机碾压。

（3）禁止用薄层贴补的方法进行找平。

（4）混合料的养护采用湿养，始终保持表面潮湿，也可采用沥青乳液和沥青下封层进行养护，养护期视季节而定，常温下不宜小于 7d。

三、级配砂砾（碎石）、级配砾石（碎砾石）基层

（一）材料与拌合

（1）所用原材料的压碎值、含泥量及细长扁平颗粒含量等技术指标应符合规范要求，级配符合要求。

（2）采用厂拌方式，强制式拌合机拌制。

（二）运输与摊铺

（1）运输中应采取防止遗撒和防扬尘措施。

（2）宜采用机械摊铺，摊铺应均匀一致，发生粗、细集料离析（“梅花”“砂窝”）现象时，应及时翻拌均匀。

（3）压实系数均应通过试验段确定，每层应按虚铺厚度一次铺齐，颗粒分布应均匀，厚度一致。

（三）压实与养护

（1）碾压前和碾压中应适量洒水。碾压中对存在过碾压现象的部位，应进行换填处理。级配碎石及级配碎砾石视压实碎石的缝隙情况撒布嵌缝料。

（2）控制碾压速度，碾压至轮迹不大于 5mm，表面平整、坚实。碎石压实后及成活中适量洒水。

（3）未铺装上层前不得开放交通。

1K411033 土工合成材料的应用

一、土工合成材料

土工合成材料是以人工合成的聚合物为原料制成的各类型产品，是城镇道路岩土工程中应用的一种新型工程材料的总称。

（一）分类

土工合成材料可分为土工织物、土工膜、特种土工合成材料和复合型土工合成材料等类型。

（二）功能与作用

（1）土工合成材料可设置于岩土或其他工程结构内部、表面或各结构层之间，具有加筋、防护、过滤、排水、隔离等功能。

（2）当工程中使用土工合成材料兼有其他功能且要考虑这些功能的作用时，还需进行相应项目的校核设计。

二、工程应用

（一）路堤加筋

（1）路堤加筋的主要目的是提高路堤的稳定性。当加筋路堤的原地基的承载力不足时，应先行技术处理。加筋路堤填土的压实度必须达到路基设计规范规定的压实标准。土工格栅、土工织物、土工网等土工合成材料均可用于路堤加筋，其中土工格栅宜选择强度高、变形小、糙度大的产品。土工合成材料应具有足够的抗拉强度、较高的撕破强度、顶破强度和握持强度等性能。

（2）加筋路堤的施工原则是以能够充分发挥加筋效果为出发点。合成材料连接应牢固，受力方向的连接强度不得低于材料设计抗拉强度，其叠合长度不应小于 300mm，连接时搭接宽度不得小于 150mm。铺设土工合成材料的土层表面应平整，表面严禁有碎、块石等坚硬凸出物。土工合成材料摊铺后宜在 48h 以内填筑填料，以避免其过长时间受阳光直接曝晒。填料不应直接卸在土工合成材料上面，必须卸在已摊铺完毕的土面上；卸土高度不宜大于 1m，以防局部承载力不足。卸土后立即摊铺，以免出现局部下陷。

（3）第一层填料宜采用轻型压路机压实，当填筑层厚度超过 600mm 后，才允许采用重型压路机。边坡防护与路堤的填筑应同时进行。

（二）台背路基填土加筋

（1）采用土工合成材料对台背路基填土加筋的目的是为了减小路基与构造物之间的不均匀沉降。加筋台背适宜的高度为 5.0～10.0m。加筋材料宜选用土工网或土工格栅，其 20℃时抗拉强度（kN/m^2）应大于 6（纵向）和大于 5（横向），拉伸模量（kN/m）大于 100。台背填料应有良好的水稳定性与压实性能，以碎石土、砾石土为宜。土工合成材料与填料之间应有足够的摩阻力。

（2）土工合成材料与构造物应相互连接，并在相互平行的水平面上分层铺设，加筋材料间距应经计算确定。在路基顶面以下 5.0m 的深度内，间距宜不大于 1.0m。纵向铺设长度宜上长下短，可采用缓于或等于 1∶1 的坡度自下而上逐层增大，最下一层的铺设长度不应小于计算的最小纵向铺设长度。

（3）施工程序：清地表→地基压实→锚固土工合成材料、摊铺、张紧并定位→分层摊

铺、压实填料至下一层土工合成材料的铺设标高。相邻两幅加筋材料应相互搭接，宽度宜不小于200mm，并用牢固方式连接，连接强度不低于合成材料强度的60%。台背填料应在最佳含水量时分层压实，每层压实厚度宜不大于300mm，边角处厚度不得大于150mm。压实标准按相关规范执行。施工时应设法避免任何机械、外物对土工合成材料造成推移或损伤，并做好台背排水，避免地表水渗入、滞留。

（三）路面裂缝防治

（1）采用玻纤网、土工织物等土工合成材料，铺设于旧沥青路面、旧水泥混凝土路面的沥青加铺层底部或新建道路沥青面层底部，可减少或延缓由旧路面对沥青加铺层的反射裂缝，或半刚性基层对沥青面层的反射裂缝。用于裂缝防治的玻纤网和土工织物应分别满足抗拉强度、最大负荷延伸率、网孔尺寸、单位面积质量等技术要求。玻纤网网孔尺寸宜为其上铺筑的沥青面层材料最大粒径的0.5～1.0倍。土工织物应能耐170℃以上的高温。

（2）用土工合成材料和沥青混凝土面层对旧沥青路面裂缝进行防治，首先要对旧路进行外观评定和弯沉值测定，进而确定旧路处理和新料加铺方案。施工要点是：旧路面清洁与整平，土工合成材料张拉、搭接和固定，洒布粘层油，按设计或规范要求铺筑新沥青面层。

（3）旧水泥混凝土路面裂缝处理要点是：对旧水泥混凝土路面评定，旧路面清洁和整平，土工合成材料张拉、搭接和固定，洒布粘层油，铺沥青面层。

为防止新建道路的半刚性基层养护期间的收缩开裂，可将土工合成材料置于半刚性基层与下封层之间，以防止裂缝反射到沥青面层上。施工方法与旧沥青面裂缝防治相同。

（四）路基防护

1．路基防护

主要包括：坡面防护——防护易受自然因素影响而破坏的土质或岩石边坡；冲刷防护——防护水流对路基的冲刷与淘刷。土质边坡防护可采用拉伸网草皮、固定草种布或网格固定撒草种。岩石边坡防护可采用土工网或土工格栅。沿河路基可采用土工织物软体沉排、土工模袋等进行冲刷防护，以保证路基坚固与稳定。

2．坡面防护

土质边坡防护的边坡坡度宜在1：1.0～1：2.0之间；岩石边坡防护的边坡坡度宜缓于1：0.3。土质边坡防护应做好草皮的种植、施工和养护工作。施工步骤是：整平坡面，铺设草皮或土工网，草皮养护。易碎岩面和小量的岩崩可采用土工网或土工格栅加固，以裸露或埋藏方式进行防护。岩石边坡防护施工步骤是：清除坡面松散岩石，铺设固定土工网或土工格栅，喷护水泥砂浆，岩面设置排水孔。

3．冲刷防护

土工织物软体沉排系指在土工织物上放置块石或预制混凝土块体为压重的护坡结构，适用于水下工程及预计可能发生冲刷的路基坡面。排体材料宜采用聚丙烯编织型土工织物。土工织物软体沉排防护，应验算排体抗浮、排体压块抗滑、排体整体抗滑三方面的稳定性。

土工模袋是一种双层织物袋，袋中充填流动性混凝土、水泥砂浆或稀释混凝土，凝固后形成高强度和高刚度的硬结板块。采用土工模袋护坡的坡度不得陡于1：1。模袋选型应根据工程设计要求和当地土质、地形、水文、经济与施工条件等确定。确定土工模袋的

厚度应考虑抵抗弯曲应力、抵抗浮动力两方面因素。土工模袋不允许在沿坡面的分力作用下产生滑动。模袋铺设流程：卷模袋→设定位桩及拉紧装置→铺设模袋。模袋铺设、压稳后，应拉紧上缘固定绳套，防止模袋下滑。模袋铺设后及时充灌混凝土或砂浆并及时清扫模袋表面、滤孔和进行养护。

（五）过滤与排水

可单独使用土工合成材料或与其他材料配合，作为过滤体和排水体用于暗沟、渗沟、坡面防护，支挡结构壁墙后排水，软基路堤地基表面排水垫层，也可用于处治翻浆冒泥和季节性冻土的导流沟等道路工程结构中。

三、施工质量检验

（一）基本要求

（1）土工合成材料质量应符合设计或相关规范要求，外观无破损、无老化、无污染。

（2）在平整的下承层上按设计要求铺设、张拉、固定土工合成材料，铺设后无皱折、紧贴下承层，锚固端施工符合设计要求。

（3）接缝连接强度应符合要求，上、下层土工合成材料搭接缝应交替错开。

（二）施工质量资料

（1）施工质量资料包括材料的验收、铺筑试验段、施工过程中的质量管理和检查验收。

（2）由于土工合成材料大多用于隐蔽工程，应加强旁站和施工日志记录。

1K411040 城镇道路面层施工

1K411041 沥青混合料面层施工技术

沥青混合料面层施工技术重点介绍热拌沥青混合料路面施工工艺，包括沥青混合料的运输、摊铺、压实成型、接缝，开放交通等内容。

一、施工准备

（一）透层、粘层、封层

（1）透层。为使沥青混合料面层与非沥青材料基层结合良好，在基层上喷洒能很好渗入表面的沥青类材料薄层。沥青混合料面层摊铺前应在基层表面喷洒透层油。根据基层类型选择渗透性好的液体沥青、乳化沥青作透层油。用于石灰稳定土类或水泥稳定土类基层的透层油宜紧接在基层碾压成型后表面稍变干燥，但尚未硬化的情况下喷洒，洒布透层油后，应封闭交通。透层油洒布后的养护时间应根据透层油的品种和气候条件由试验确定。液体沥青中的稀释剂全部挥发或乳化沥青水分蒸发后，应及时铺筑沥青混合料面层。

（2）粘层。在既有结构和路缘石、检查井等构筑物与沥青混合料层的连接面应喷洒粘层油。为加强路面沥青层之间，沥青层与水泥混凝土路面之间的粘结而洒布的沥青材料薄层。粘层油宜采用快裂或中裂乳化沥青、改性乳化沥青，也可采用快凝或中凝液体石油沥青作粘层油。粘层油宜在摊铺面层当天洒布。

（3）铺筑在面层表面的称为上封层，铺筑在面层下面的称为下封层。封层油宜采用改性沥青或改性乳化沥青，封层集料应质地坚硬、耐磨、洁净且粒径与级配应符合要求。

（4）透层、粘层宜采用沥青洒布车或手动沥青洒布机喷洒，喷洒应呈雾状，洒布均匀，用量与渗透深度宜按设计及规范要求并通过试洒确定。封层宜采用层铺法表面处治或

稀浆封层法施工。

当气温在10℃及以下，风力大于5级及以上时，不应喷洒透层、粘层、封层油。

（二）运输与布料

（1）为防止沥青混合料粘结运料车车厢板，装料前应喷洒一薄层隔离剂或防粘结剂。运输中沥青混合料上宜用篷布覆盖保温、防雨和防污染。

（2）运料车轮胎上不得沾有泥土等可能污染路面的脏物，施工时发现沥青混合料不符合施工温度要求或结团成块、已遭雨淋则不得使用。

（3）应按施工方案安排运输和布料，摊铺机前应有足够的运料车等候。对高等级道路，等候的运料车宜在5辆以上。

（4）运料车应在摊铺机前100～300mm外空挡等候，摊铺时被摊铺机缓缓顶推前进并逐步卸料，避免撞击摊铺机。每次卸料必须倒净，如有余料应及时清除，防止硬结。

二、摊铺作业

（一）机械摊铺

（1）热拌沥青混合料应采用机械摊铺。摊铺机在开始受料前应在受料斗涂刷薄层隔离剂或防粘结剂。

（2）城市快速路、主干路宜采用两台以上摊铺机联合摊铺，其表面层宜采用多机全幅摊铺，以减少施工接缝。每台摊铺机的摊铺宽度宜小于6m。通常采用2台或多台摊铺机前后错开10～20m呈梯队方式同步摊铺，两幅之间应有30～60mm宽度的搭接，并应避开车道轮迹带，上下层搭接位置宜错开200mm以上。

（3）摊铺前应提前0.5～1h预热摊铺机熨平板使其不低于100℃。铺筑时熨平板振捣或夯实装置应选择适宜的振动频率和振幅，以提高路面初始压实度。

（4）摊铺机必须缓慢、均匀、连续不间断地摊铺，不得随意变换速度或中途停顿，以提高平整度、减少沥青混合料的离析。摊铺速度宜控制在2～6m/min的范围内。当发现沥青混合料面层出现明显的离析、波浪、裂缝、拖痕时，应分析原因，及时予以消除。

（5）摊铺机应采用自动找平方式。下面层宜采用钢丝绳或路缘石、平石控制高程与摊铺厚度，上面层宜采用导梁或平衡梁的控制方式。

（6）最低摊铺温度根据铺筑层厚度、气温、沥青混合料种类、风速、下卧层表面温度等，按规范要求执行。例如，铺筑普通沥青混合料，下卧层的表面温度为15～20℃，铺筑层厚度为小于50mm、50～80mm、大于80mm三种情况下，最低摊铺温度分别是140℃、135℃、130℃。

（7）松铺系数应根据混合料类型、施工机械和施工工艺等通过试铺试压确定。施工中随时检查铺筑层厚度、路拱及横坡，并以铺筑的沥青混合料总量与面积之比校验平均厚度。松铺系数的取值可参考表1K411041-1中所给的范围。

沥青混合料的松铺系数　　表1K411041-1

种类	机械摊铺	人工摊铺
沥青混凝土混合料	1.15～1.35	1.25～1.50
沥青碎石混合料	1.15～1.30	1.20～1.45

（8）摊铺沥青混合料应均匀、连续不间断。摊铺机的螺旋布料器转动速度与摊铺速度

应保持均衡。为减少摊铺中沥青混合料的离析，布料器两侧应保持有不少于布料器 2/3 高度的混合料。摊铺的混合料，不宜用人工反复修整。

（二）人工摊铺

（1）不具备机械摊铺条件时（如路面狭窄部分，平曲线半径过小的匝道或加宽部分，以及小规模工程），可采用人工摊铺作业。

（2）半幅施工时，路中一侧宜预先设置挡板；摊铺时应扣锹布料，不得扬锹远甩；边摊铺边整平，严防集料离析；摊铺不得中途停顿，并尽快碾压；低温施工时，卸下的沥青混合料应覆盖篷布保温。

三、压实成型与接缝

（一）压实成型

（1）压实施工应配备足够数量、状态完好的压路机，选择合理的压路机组合方式，根据摊铺完成的沥青混合料温度情况严格控制初压、复压、终压（包括成型）时机。压实层最大厚度不宜大于 100mm，各层压实度及平整度应符合要求。

（2）压路机应以慢而均匀的速度碾压，且符合规范要求（见表 1K411041-2）。

压路机碾压速度（km/h） 表 1K411041-2

压路机类型	初压		复压		终压	
	适宜	最大	适宜	最大	适宜	最大
钢筒式压路机	1.5～2	3	2.5～3.5	5	2.5～3.5	5
轮胎压路机	—	—	3.5～4.5	6	4～6	8
振动压路机	1.5～2（静压）	5（静压）	1.5～2（振动）	1.5～2（振动）	2～3（静压）	5（静压）

（3）碾压温度应根据沥青和沥青混合料种类、压路机、气温、层厚等因素经试压确定。规范规定的碾压温度见表 1K411041-3。

热拌沥青混合料的碾压温度（℃） 表 1K411041-3

施工工序		石油沥青的标号			
		50 号	70 号	90 号	110 号
开始碾压的混合料内部温度，不低于	正常施工	135	130	125	120
	低温施工	150	145	135	130
碾压终了的表面温度，不低于	钢轮压路机	80	70	65	60
	轮胎压路机	85	80	75	70
	振动压路机	75	70	60	55
开放交通的路表温度，不高于		50	50	50	45

（4）初压应采用钢轮压路机静压 1～2 遍。碾压时应将压路机的驱动轮面向摊铺机，从外侧向中心碾压，在超高路段和坡道上则由低处向高处碾压。复压应紧跟初压连续进行。碾压路段长度宜为 60～80m。

（5）密级配沥青混凝土混合料复压宜优先采用重型轮胎压路机进行碾压，以增加密实性，其总质量不宜小于 25t。相邻碾压带应重叠 1/3～1/2 轮宽。对粗集料为主的混合

料，宜优先采用振动压路机复压（厚度宜大于30mm），振动频率宜为35～50Hz，振幅宜为0.3～0.8mm。层厚较大时宜采用高频大振幅，厚度较薄时宜采用低振幅，以防止集料破碎。相邻碾压带宜重叠100～200mm。当采用三轮钢筒式压路机时，总质量不小于12t，相邻碾压带宜重叠后轮的1/2轮宽，并不应小于200mm。

（6）终压应紧接在复压后进行。宜选用双轮钢筒式压路机，碾压至无明显轮迹为止。

（7）为防止沥青混合料粘轮，对压路机钢轮可涂刷隔离剂或防粘结剂，严禁刷柴油。亦可向碾轮喷淋添加少量表面活性剂的雾状水。

（8）压路机不得在未碾压成型路段上转向、掉头、加水或停留。在当天成型的路面上，不得停放各种机械设备或车辆，不得散落矿料、油料及杂物。

（二）接缝

（1）路面接缝必须紧密、平顺。上、下层的纵缝应错开150mm（热接缝）或300～400mm（冷接缝）以上。相邻两幅及上、下层的横向接缝均应错位1m以上。应采用3m直尺检查，确保平整度达到要求。

（2）采用梯队作业方式摊铺时应选用热接缝，将已铺部分留下100～200mm宽暂不碾压，作为后续部分的基准面，然后跨缝压实。如半幅施工采用冷接缝时，宜加设挡板或将先铺的沥青混合料刨出毛槎，涂刷粘层油后再铺新料，新料跨缝摊铺与已铺层重叠50～100mm，软化下层后铲走重叠部分，再跨缝压密挤紧。

（3）高等级道路的表面层横向接缝应采用垂直的平接缝，以下各层和其他等级的道路的各层可采用斜接缝。平接缝宜采用机械切割或人工刨除层厚不足部分，使工作缝成直角连接。清除切割时留下的泥水，干燥后涂刷粘层油，铺筑新混合料，接槎软化后，先横向碾压，再纵向充分压实，连接平顺。

四、开放交通

《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008规定：热拌沥青混合料路面应待摊铺层自然降温至表面温度低于50℃后，方可开放交通。

【案例1K411041】

1. 背景

甲公司中标承包某市主干道道路工程施工，其路面结构为20mm细粒式沥青混凝土表面层，40mm中粒式沥青混凝土中面层，60mm粗粒式沥青混凝土底面层，300mm石灰粉煤灰稳定碎石基层和200mm石灰土底基层。路面下设有给水排水、燃气、电力、通信管线，由建设方直接委托专业公司承建。

该工程年初签了承包施工合同，合同约定当年年底竣工。受原有管线迁移影响，建设方要求甲公司调整施工部署，主要道路施工安排在9月中旬开始，并保持总工期和竣工日期不变。为此甲公司下属项目部决定如下：

（1）为满足进度要求，项目部负责人下达了提前开工令，见缝插针，抢先施工能施工部位。

（2）项目部安排9月中旬完成管道回填压实、做挡墙等工程，于10月底进入路面基层结构施工，施工期日最低温度为-1℃；石灰粉煤灰稳定碎石基层采用沥青乳液和沥青下封层养护3d后进入下一道工序施工。

（3）开始路面面层施工时，日最低气温为 −3℃，最高温度为 +3℃，但天气晴好；项目部组织突击施工面层，没有采取特殊措施。

（4）为避免对路下管道和周围民宅的损坏，振动压路机作业时取消了振动压实。

工程于 12 月底如期竣工，开放交通。次年 4 月，该道路路面出现成片龟裂，6 月中旬沥青面层开始出现车辙。

2. 问题

（1）项目部下达提前开工令的做法对吗？为什么？

（2）指出路面各层结构施工不妥之处。

（3）分析道路面层出现龟裂、车辙的主要原因。

3. 参考答案

（1）项目负责人下达开工令是错误的。因为，工程施工承包合同中对开工日期都有约定。项目部应根据合同安排进度，并且在开工前先应向监理工程师提交开工申请报告，由监理工程师审查后下达开工令，项目部应按监理的指令执行。

（2）不妥之处主要是：

1）沥青混凝土面层不符合规范关于施工期的日最高气温应在 5℃以上的规定；石灰及石灰、粉煤灰稳定土类基层宜在冬期开始前 30～45d 停止施工。

2）不符合规范关于基层采用沥青乳液和沥青下封层养护 7d 的规定。

（3）道路路面出现龟裂和车辙主要原因：

1）路面基层采用的是石灰稳定类材料，属于半刚性材料，其强度增长与温度有密切关系，温度低时强度增长迟缓。为使这类基层施工后能尽快增长其强度，以适应开放交通后的承载条件，规范规定这类基层应在 5℃以上的气温条件下施工，且应在出现第一次冰冻之前 1～1.5 个月以上完工。

开放交通后，在交通荷载作用下，基层强度不足，使整个路面结构强度不足，出现成片龟裂的质量事故。

2）沥青路面必须在冬期施工时，应采取提高沥青混合料的施工温度，并应采取快卸、快铺、快平、快压等措施，以保证沥青面层有足够的碾压温度和密实度。

3）次年 6 月以后出现车辙，主要原因是振动压路机作业时取消了振动压实，致使沥青混合料的压实密度不够，在次年气温较高时，经车轮碾压压实，形成车辙。

1K411042 改性沥青混合料面层施工技术

以下主要介绍改性沥青混合料和改性沥青 SMA 混合料（通称改性沥青混合料）面层的施工工艺，包括生产和运输、摊铺、碾压、接缝、开放交通等内容。

一、生产和运输

（一）生产

改性沥青混合料的生产除遵照普通沥青混合料生产要求外，尚应注意以下几点：

（1）改性沥青混合料正常生产温度应根据改性沥青品种、粘度、气候条件、铺装层的厚度确定，可根据实践经验并参照表 1K411042 选择，通常宜较普通沥青混合料的生产温度提高 10～20℃。当采用表 1K411042 以外的聚合物或天然沥青改性沥青时，生产温度由

试验确定。

改性沥青混合料的正常生产温度范围（℃）　表 1K411042

工　序	改性沥青品种		
	SBS 类	SBR 胶乳类	EVA、PE 类
基质沥青加热温度	160～165		
改性沥青现场制作温度	165～170	—	165～170
成品改性沥青加热温度，不大于	175	—	175
集料加热温度	190～220	200～210	185～195
改性沥青混合料出厂温度	170～185	160～180	165～180
混合料最高温度（废弃温度）	195		
混合料贮存温度	拌合出料后降低不超过 10		

（2）改性沥青混合料宜采用间歇式拌合设备生产。这种设备除尘系统完整，能达到环保要求；给料仓数量较多，能满足配合比设计配料要求；且具有添加纤维等外掺料的装置。

（3）改性沥青混合料拌合时间根据具体情况经试拌确定，以沥青均匀包裹集料为度。间歇式拌合机每盘的生产周期不宜少于 45s（其中干拌时间不少于 5～10s）。改性沥青 SMA 混合料的拌合时间应适当延长。

（4）拌合机宜备有保温性能好的成品储料仓，贮存过程中混合料温降不得大于 10℃且具有沥青滴漏功能。改性沥青混合料的贮存时间不宜超过 24h；改性沥青 SMA 混合料只限当天使用；OGFC 混合料宜随拌随用。

（5）添加纤维的沥青混合料，纤维必须在混合料中充分分散，拌合均匀。拌合机应配备同步添加投料装置，松散的絮状纤维可在喷入沥青的同时或稍后采用风送装置喷入拌合锅，拌合时间宜延长 5s 以上。颗粒纤维可在粗集料投入的同时自动加入，经 5～10s 的干拌后，再投入矿粉。

（6）使用改性沥青时应随时检查沥青泵、管道、计量器是否受堵，堵塞时应及时疏通。

（二）运输

改性沥青混合料运输除应按照普通沥青混合料运输要求执行外，还应做到：运料车卸料必须倒净，如有粘在车厢板上的剩料，必须及时清除，防止硬结。在运输、等候过程中，如发现有沥青结合料滴漏时，应采取措施纠正。

二、施工

（一）摊铺

改性沥青混合料的摊铺除满足普通沥青混合料摊铺要求外，还应做到：

（1）在喷洒有粘层油的路面上铺筑改性沥青混合料时，宜使用履带式摊铺机。改性沥青 SMA 混合料施工温度应经试验确定，一般情况下，摊铺温度不低于 160℃。

（2）摊铺速度宜放慢至 1～3m/min。松铺系数应通过试验段取得。

（3）摊铺机应采用自动找平方式，中、下面层宜采用钢丝绳或导梁引导的高程控制方式，上面层宜采用非接触式平衡梁。

（二）压实与成型

改性沥青混合料除执行普通沥青混合料的压实成型要求外，还应做到：

（1）初压开始温度不低于 150℃，碾压终了的表面温度应不低于 90～120℃。

（2）摊铺后应紧跟碾压，保持较短的初压区段，使混合料碾压温度不致降得过低。

（3）宜采用振动压路机或钢筒式压路机碾压，不应采用轮胎压路机碾压。OGFC 混合料宜采用 12t 以上钢筒式压路机碾压。

（4）振动压实应遵循"紧跟、慢压、高频、低幅"的原则，即紧跟在摊铺机后面，采取高频率、低振幅的方式慢速碾压，这是保证平整度和密实度的关键。压路机的碾压速度参照表 1K411041-2 规定。如发现改性沥青 SMA 混合料高温碾压有推拥现象，应复查其级配，且不得采用轮胎压路机碾压，以防混合料被搓擦挤压上浮，造成构造深度降低或泛油。

（5）碾压改性沥青 SMA 混合料过程中应密切注意压实度变化，防止过度碾压。

（三）接缝

（1）改性沥青混合料路面冷却后很坚硬，冷接缝处理很困难，因此应尽量避免出现冷接缝。

（2）摊铺时应保证充足的运料车次，以满足摊铺的需要，使纵向接缝成为热接缝。在摊铺特别宽的路面时，可在边部设置挡板。在处理横接缝时，应在当天改性沥青混合料路面施工完成后，在其冷却之前垂直切割端部不平整及厚度不符合要求的部分（先用 3m 直尺进行检查），并冲净、干燥，第二天，涂刷粘层油，再铺新料。其他接缝做法执行普通沥青混合料路面施工要求。

1K411043 水泥混凝土路面施工技术

以下内容主要介绍普通水泥混凝土路面混凝土的配合比设计、搅拌、运输、浇筑施工、接缝设置及养护等。

一、混凝土配合比设计、搅拌和运输

（一）混凝土配合比设计

混凝土的配合比设计在兼顾经济性的同时应满足弯拉强度、工作性、耐久性三项指标要求；符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008 的有关规定。

混凝土 28d 弯拉强度值应符合《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40—2011 的规定，并按统计数据得出的变异系数、试验样本的标准差、保证率系数。不同摊铺方式混凝土最佳工作性范围及最大用水量、混凝土含气量、混凝土最大水灰比和最小单位水泥用量应符合规范要求，严寒地区混凝土抗冻等级不宜小于 F250，寒冷地区不宜小于 F200。

混凝土外加剂的使用应符合：高温施工时，混凝土拌合物的初凝时间不得小于 3h，低温施工时，终凝时间不得大于 10h；外加剂掺量应由混凝土试配确定；当引气剂与减水剂或高效减水剂等外加剂复配在同一水溶液中时，不得发生絮凝现象。

混凝土配合比相关参数的计算应按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55—2011 执行。

（二）搅拌

（1）搅拌设备应优先选用间歇式拌合设备，并在投入生产前进行标定和试拌，搅拌机配料计量偏差应符合规范规定。根据拌合物的黏聚性、均质性及强度稳定性经试拌确定最

佳拌合时间。单立轴式搅拌机总拌合时间宜为80～120s，投料齐全后的最短纯拌合时间不宜短于40s；行星立轴和双卧轴式搅拌机总拌合时间为60～90s，投料齐全后最短纯拌合时间不宜短于35s；连续双卧轴搅拌机投料齐全后最短纯拌合时间不宜短于40s。

（2）搅拌过程中，应对拌合物的水胶比及稳定性、坍落度及均匀性、坍落度损失率、振动粘度系数、含气量、泌水率、湿密度、离析等项目进行检验与控制，均应符合质量标准的要求。

（3）钢纤维混凝土的搅拌应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008的有关规定。

（三）运输

（1）应根据施工进度、运量、运距及路况，选配车型和车辆总数。不同摊铺工艺的混凝土拌合物从搅拌机出料到铺筑完成的允许最长时间应符合规定。如施工气温10～19℃时，滑模、轨道机械施工2.0h，而三辊轴机组、小型机具施工1.5h；20～29℃时，前者1.5h，后者1.25h；30～35℃时，前者1.25h，后者1.0h。

（2）混凝土拌合物出料到运输、铺筑完毕允许最长时间（h）见表1K411043。

混凝土拌合物出料到运输、铺筑完毕允许最长时间（h） 表1K411043

施工气温*（℃）	到运输完毕允许最长时间		到铺筑完毕允许最长时间	
	滑模、轨道	三辊轴、小机具	滑模、轨道	三辊轴、小机具
5～9	2.0	1.5	2.5	2.0
10～19	1.5	1.0	2.0	1.5
20～29	1.0	0.75	1.5	1.25
30～35	0.75	0.50	1.25	1.0

注：表中*指施工时间的日间平均气温，使用缓凝剂延长凝结时间后，本表数值可增加0.25～0.5h。

二、混凝土面板施工

（一）模板

（1）宜使用钢模板，钢模板应顺直、平整，每1m设置1处支撑装置。如采用木模板，应质地坚实，变形小，无腐朽、扭曲、裂纹，且用前须浸泡，木模板直线部分板厚不宜小于50mm，每0.8～1m设1处支撑装置；弯道部分板厚宜为15～30mm，每0.5～0.8m设1处支撑装置，模板与混凝土接触面及模板顶面应刨光。模板制作偏差应符合规范规定要求。

（2）模板安装应符合：支模前应核对路面标高、面板分块、胀缝和构造物位置；模板应安装稳固、顺直、平整，无扭曲，相邻模板连接应紧密平顺，不得错位；严禁在基层上挖槽嵌入模板；使用轨道摊铺机应采用专用钢制轨模；模板安装完毕，应进行检验，合格后方可使用；模板安装检验合格后表面应涂隔离剂，接头应粘贴胶带或塑料薄膜等密封。

（二）钢筋设置

钢筋安装前应检查其原材料品种、规格与加工质量，确认符合设计要求与规范规定；钢筋网、角隅钢筋等安装应牢固、位置准确。钢筋安装后应进行检查，合格后方可使用；传力杆安装应牢固、位置准确。胀缝传力杆应与胀缝板、提缝板一起安装。当一次铺筑宽度小于面层宽度时，应设置纵向施工缝，纵向施工缝宜采用平缝加拉杆型。

（三）摊铺与振动

（1）三辊轴机组铺筑混凝土面层时，辊轴直径应与摊铺层厚度匹配，且必须同时配备一台安装插入式振捣器组的排式振捣机；当面层铺装厚度小于150mm时，可采用振捣梁；当一次摊铺双车道面层时应配备纵缝拉杆插入机，并配有插入深度控制和拉杆间距调整装置。

铺筑作业时卸料应均匀，布料应与摊铺速度相适应；设有纵缝、缩缝拉杆的混凝土面层，应在面层施工中及时安设拉杆；三辊轴整平机分段整平的作业单元长度宜为20～30m，振捣机振实与三辊轴整平工序之间的时间间隔不宜超过15min；在一个作业单元长度内，应采用前进振动、后退静滚方式作业，最佳滚压遍数应经过试验段确定。

（2）采用轨道摊铺机铺筑时，最小摊铺宽度不宜小于3.75m，并选择适宜的摊铺机型；坍落度宜控制在20～40mm，根据不同坍落度时的松铺系数计算出松铺高度；轨道摊铺机应配备振捣器组，当面板厚度超过150mm，坍落度小于30mm时，必须插入振捣；轨道摊铺机应配备振动梁或振动板对混凝土表面进行振捣和修整，使用振动板提浆饰面时，提浆厚度宜控制在（4±1）mm；面层表面整平时，应及时清除余料，用抹平板完成表面整修。

（3）采用滑模摊铺机摊铺时应布设基准线，清扫湿润基层，在拟设置胀缝处牢固安装胀缝支架，支撑点间距为40～60cm。

调整滑模摊铺机各项工作参数达到最佳状态，根据前方卸料位置，及时旋转布料器，横向均匀地两侧布料。振动仓内料位高度一般应高出路面10cm。混凝土坍落度小，应用高频振动、低速度摊铺；混凝土坍落度大，应用低频振动、高速度摊铺。

在摊铺过程中要做到：起步缓慢、机械运行平稳、速度均匀、机组人员配合默契，摊铺机行走速度为1～3m/min，振捣频率为8000～9000r/min。

（4）采用小型机具摊铺混凝土施工时，松铺系数宜控制在1.10～1.25；摊铺厚度达到混凝土板厚的2/3时，应拔出模内钢钎，并填实钎孔；混凝土面层分两次摊铺时，上层混凝土的摊铺应在下层混凝土初凝前完成，且下层厚度宜为总厚的3/5；混凝土摊铺应与钢筋网、传力杆及边缘角隅钢筋的安放相配合；一块混凝土板应一次连续浇筑完毕，并按要求做好振捣。

（四）接缝

（1）普通混凝土路面在与结构物衔接处、道路交叉和填挖土方变化处应设胀缝。胀缝应设置胀缝补强钢筋支架、胀缝板和传力杆。胀缝应与路面中心线垂直，缝壁必须垂直，缝宽必须一致，缝中不得连浆。缝上部灌填缝料，下部安装胀缝板和传力杆。当一次铺筑宽度小于面层加硬路肩总宽度时，应按设计要求设置纵向施工缝。

（2）传力杆的固定安装方法有两种。一种是端头木模固定传力杆安装方法，宜用于混凝土板不连续浇筑时设置的胀缝——传力杆长度的一半应穿过端头挡板，固定于外侧定位模板中。混凝土拌合物浇筑前应检查传力杆位置；浇筑时，应先摊铺下层混凝土拌合物并用插入式振捣器振实，且应校正传力杆位置后，再浇筑上层混凝土拌合物。另一种是支架固定传力杆安装方法，宜用于混凝土板连续浇筑时设置的胀缝——传力杆长度的一半应穿过胀缝板和端头挡板，并应采用钢筋支架固定就位。浇筑时应先检查传力杆位置，再在胀缝两侧前置摊铺混凝土拌合物至板面，振捣密实后，抽出端头挡板，空隙部分填补混凝土拌合物，并用插入式振捣器振实。胀缝板应连续贯通整个路面板宽度。

（3）缩缝应垂直板面，采用切缝机施工，宽度宜为4~6mm。切缝深度：设传力杆时，不应小于面层厚的1/3，且不得小于70mm；不设传力杆时不应小于面层厚的1/4，且不应小于60mm。当混凝土达到设计强度的25%~30%时，采用切缝机进行切割。切割用水冷却时，应防止切缝水渗入基层和土层。

（4）纵缝施工缝有平缝、企口缝等形式。平缝纵缝，对已浇筑混凝土板的缝隙涂刷沥青，避免涂在拉杆上。浇筑邻板时缝的上部压成规定深度的缝槽。企口缝纵缝，宜先浇筑混凝土板凹榫的一边，缝壁涂刷沥青，浇筑邻板时靠缝壁浇筑。纵缝设置拉杆时，拉杆应设置在板厚中间，设置拉杆的纵缝模板，预先根据拉杆的设计位置放样打眼。

（5）混凝土板养护期满后，缝槽应及时填缝。灌填缝料前，清除缝内砂石、凝结的泥浆、杂物等。按照设计要求选择填缝料，并根据填缝料品种制定工艺技术措施。浇筑填缝料时缝槽必须干燥、清洁。填缝料的充实度根据施工季节而定，常温施工与路面平，冬期施工宜略低于板面。填缝料应与混凝土缝壁粘附紧密，不渗水。在面层混凝土弯拉强度达到设计强度，且填缝完成前，不得开放交通。

（五）养护

混凝土浇筑完成后应及时进行养护，可采取喷洒养护剂或保湿覆盖等方式；在雨天或养护用水充足的情况下，可采用保湿膜、土工毡、麻袋、草袋、草帘等覆盖物洒水湿养护方式，不宜使用围水养护；昼夜温差大于10℃以上的地区或日均温度低于5℃施工的混凝土板应采用保温养护措施。养护时间应根据混凝土弯拉强度增长情况而定，不宜小于设计弯拉强度的80%，一般宜为14～21d。应特别注重前7d的保湿（温）养护。

（六）开放交通

在混凝土达到设计弯拉强度40%以后，可允许行人通过。在面层混凝土完全达到设计弯拉强度且填缝完成前，不得开放交通。

1K411044　城镇道路大修维护技术要点

一、微表处理（Micro-Surfacing Technique）工艺

微表处，是指采用机械设备将改性乳化沥青、粗细集料、填料、水和添加剂等按照设计配合比拌合成稀浆混合料并摊铺到原路面上的薄层。

（一）适用条件

（1）城镇道路进行维护时，原有路面结构应能满足使用要求，原路面的强度满足要求、路面基本无损坏，经微表处理后可恢复面层的使用功能。

（2）微表处理技术应用于城镇道路维护，可单层或双层铺筑，具有封水、防滑、耐磨和改善路表外观的功能，MS-3型微表处混合料还具有填补车辙的功能。可达到延长道路使用期目的，且工程投资少、工期短。

（3）微表处理工程施工基本要求如下：

1）对原有路面病害进行处理、刨平或补缝，使其符合要求。

2）宽度大于5mm的裂缝进行灌缝处理。

3）路面局部破损处进行挖补处理。

4）深度15～40mm的车辙、壅包应进行铣刨处理。

5）微表处理混合料的质量应符合《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40—2004有

关规定。

（二）施工流程与要求

（1）清除原路面的泥土、杂物、积水。

（2）对原路面进行湿润或喷洒乳化沥青。

（3）常温施工可采用半幅施工，施工期间不中断行车。

（4）采用专用摊铺机具摊铺稀浆混合料，摊铺速度1.5～3.0km/h。

（5）橡胶耙人工找平，清除超大粒料。

（6）不需碾压成型，摊铺找平后必须立即进行初期养护，禁止一切车辆和行人通行。

（7）通常，气温25～30℃时养护30min满足设计要求后，即可开放交通。

（8）微表处理施工前应安排试验段，长度不小于200m，以便确定施工参数。

二、旧路加铺沥青混合料面层工艺

（一）旧沥青路面作为基层加铺沥青混合料面层

（1）旧沥青路面作为基层加铺沥青混合料面层时，应对原有路面进行调查处理、整平或补强，符合设计要求。

（2）施工要求要点：

1）符合设计强度、基本无损坏的旧沥青路面经整平后可作基层使用。

2）旧沥青路面有明显的损坏，但强度能达到设计要求的，应对损坏部分进行处理。

3）填补旧沥青路面，凹坑应按高程控制、分层摊铺，每层最大厚度不宜超过100mm。

（二）旧水泥混凝土路作为基层加铺沥青混合料面层

（1）旧水泥混凝土路作为基层加铺沥青混合料面层时，应对原有水泥混凝土路面进行处理、整平或补强，符合设计要求。

（2）施工要求要点：

1）对旧水泥混凝土路做综合调查，符合基本要求，经处理后可作为基层使用。

2）对旧水泥混凝土路面层与基层间的空隙，应作填充处理。

3）对局部破损的原水泥混凝土路面层应剔除，并修补完好。

4）对旧水泥混凝土路面层的胀缝、缩缝、裂缝应清理干净，并应采取防反射裂缝措施。

三、加铺沥青面层技术要点

（一）面层水平变形反射裂缝预防措施

（1）水平变形反射裂缝的产生原因是旧水泥混凝土路板上存在接缝和裂缝，如果直接加铺沥青混凝土，在温度变化和行车荷载的作用下，水泥混凝土路面沿着接缝和裂缝处伸缩，当沥青混凝土路面的伸缩变形与其不一致时，就会在这些部位开裂，这就是产生反射裂缝的机理。因此，在旧水泥混凝土路面加铺沥青混凝土必须处理好反射裂缝，尽可能减少或延缓反射裂缝的出现。

（2）在沥青混凝土加铺层与旧水泥混凝土路面之间设置应力消减层，具有延缓和抑制反射裂缝产生的效果。

（3）采用土工织物预防反射裂缝的方法参见本书1K411033条。

（二）面层垂直变形破坏预防措施

（1）在大修前对局部破损部位进行修补，应将这些破损部位彻底剔除并重新修复；不

需要将板体整块凿除重新浇筑，采用局部修补的方法即可。

（2）使用沥青密封膏处理旧水泥混凝土板缝。沥青密封膏具有很好的粘结力和抗水平与垂直变形能力，可以有效防止雨水渗入结构而引发冻胀。施工时首先采用切缝机结合人工剔除缝内杂物破除所有的破碎边缘，按设计要求剔除到足够深度；其次用高压空气清除缝内灰尘，保证其洁净；再次用 M7.5 水泥砂浆灌注板体裂缝或用防腐麻绳填实板缝下半部，上部预留 70～100mm 空间，待水泥砂浆初凝后，在砂浆表面及接缝两侧涂抹混凝土接缝粘合剂后，填充密封膏，厚度不小于 40mm。

（三）基底处理要求

（1）基底的不均匀垂直变形导致原水泥混凝土路面板局部脱空，严重脱空部位的路面板局部断裂或碎裂。为保证水泥混凝土路面板的整体刚性，加铺沥青混合料面层前，必须对脱空和路面板局部破裂处的基底进行处理，并对破损的路面板进行修复。基底处理方法有两种：一种是开挖式基底处理，即换填基底材料；另一种是非开挖式基底处理，即注浆填充脱空部位的空洞。

（2）开挖式基底处理。对于原水泥混凝土路面局部断裂或碎裂部位，将破坏部位凿除，换填基底并压实后，重新浇筑混凝土。这种常规的处理方法，工艺简单，修复也比较彻底，但对交通影响较大，适合交通不繁忙的路段。

（3）非开挖式基底处理。对于脱空部位的空洞，采用注浆的方法进行基底处理，通过试验确定注浆压力、初凝时间、注浆流量、浆液扩散半径等参数。这是城镇道路大修工程中使用比较广泛和成功的方法。处理前应采用探地雷达进行详细探查，测出路面板下松散、脱空和既有管线附近沉降区域。

1K411045　路面改造施工技术

水泥混凝土路面改造加铺沥青面层：

当原有水泥混凝土路面强度足够，且断板和错台病害少时，可直接在原有旧路面上加铺沥青路面。在改造设计时，需要对原有路面进行调查，调查一般采用地质雷达、弯沉或者取芯检测等手段，并依据《城镇道路养护技术规范》CJJ 36—2016 进行评价；而原有水泥混凝土路面作为道路基层强度是否符合设计要求，须由设计方给出评价结果并提出补强方案。由于板底脱空形式多样化（与地基强度、脱空范围和部位相关），要想给出一个统一标准是比较困难的。对于此类道路改造需要因地制宜，针对不同种类的病害进行有效的处理。

（一）病害处理

大部分的水泥混凝土路面在板缝处都有破损，如不进行修补就直接作为道路基层会使沥青路面产生反射裂缝；需采用人工剔凿的办法，将酥空、空鼓、破损的部分清除，露出坚实的部分。修补范围内的剔凿深度依据水泥混凝土路面的破损程度确定，为保证修补质量，剔凿深度 5cm 以上。基面清理后可涂刷界面剂增加粘结强度并采用不低于原道路混凝土强度的早强补偿收缩混凝土进行灌注。

对原水泥混凝土路面板边角破损也可参照上述方法进行修补。凿除部分如有钢筋应保留，不能保留时应植入钢筋。新、旧路面板间应涂刷界面剂。

以上做法都是为保证原有水泥混凝土路面改造后能作为道路基层使用而进行的修补。

如果原有水泥混凝土路面发生错台或板块网状开裂，应首先考虑是原路基质量出现问题致使水泥混凝土路面不再适合作为道路基层。遇此情况应将整个板全部凿除，重新夯实道路路基。

（二）加铺沥青混凝土面层

原有水泥混凝土路面作为道路基层加铺沥青混凝土面层时，应注意原有雨水管以及检查井的位置和高程，为配合沥青混凝土加铺应将检查井高程进行调整。

新铺道路沥青混凝土路面要根据原路面调查结果综合考虑交通特性、环境保护、节能减排等要求进行结构设计，整体加铺一层或两层沥青混凝土。在加铺前可以采用洒布沥青粘层油、摊铺土工布等柔性材料的方式对旧路面进行处理。

1K412000
扫一扫
看本章精讲课
配套章节自测

1K412000 城市桥梁工程

1K412010 城市桥梁结构形式及通用施工技术

1K412011 城市桥梁结构组成与类型

一、桥梁基本组成与常用术语

（一）桥梁的定义

桥梁是在道路路线遇到江河湖泊、山谷深沟以及其他线路（铁路或公路）等障碍时，为了保持道路的连续性而专门建造的人工构造物。桥梁既要保证桥上的交通运行，也要保证桥下水流的宣泄、船只的通航或车辆的通行。

（二）桥梁的基本组成

桥梁由上部结构、下部结构、支座系统和附属设施四个基本部分组成。

（1）上部结构：在线路遇到障碍而中断时，跨越这类障碍的主要承载结构。

桥跨结构：线路跨越障碍（如江河、山谷或其他线路等）的结构物。

（2）下部结构：包括桥墩、桥台和墩台基础，是支承桥跨结构的结构物。

1）桥墩：是在河中或岸上支承桥跨结构的结构物。

2）桥台：设在桥的两端，一边与路堤相接，以防止路堤滑塌，另一边则支承桥跨结构的端部。为保护桥台和路堤填土，桥台两侧常做锥形护坡、挡土墙等防护工程。

3）墩台基础：是保证桥梁墩台安全并将荷载传至地基的结构。

（3）支座系统：在桥跨结构与桥墩或桥台的支承处所设置的传力装置。它不仅要传递很大的荷载，并且要保证桥跨结构能产生一定的变位。

（4）附属设施：包括桥面系（桥面铺装、防水排水系统、栏杆或防撞栏杆以及灯光照明等）、伸缩缝、桥头搭板和锥形护坡等。

1）桥面铺装（或称行车道铺装）：铺装的平整性、耐磨性、不翘曲、不渗水是保证行车舒适的关键。特别是在钢箱梁上铺设沥青路面时，其技术要求甚严。

2）排水防水系统：应能迅速排除桥面积水，并使渗水的可能性降至最小限度。城市桥梁排水系统应保证桥下无滴水和结构上无漏水现象。

3）栏杆（或防撞栏杆）：既是保证安全的构造措施，又是有利于观赏的最佳装饰件。

4）伸缩缝：桥跨上部结构之间或桥跨上部结构与桥台端墙之间所设的缝隙，以保证

结构在各种因素作用下的变位。为使行车顺适、不颠簸，桥面上要设置伸缩缝构造。

5）灯光照明：现代城市中，大跨桥梁通常是一个城市的标志性建筑，大多装置了灯光照明系统，构成了城市夜景的重要组成部分。

（三）相关常用术语

（1）净跨径：相邻两个桥墩（或桥台）之间的净距。对于拱式桥是每孔拱跨两个拱脚截面最低点之间的水平距离。

（2）计算跨径：对于具有支座的桥梁，是指桥跨结构相邻两个支座中心之间的距离；对于拱式桥，是指两相邻拱脚截面形心点之间的水平距离，即拱轴线两端点之间的水平距离。

（3）总跨径：多孔桥梁中各孔净跨径的总和，也称桥梁孔径，反映桥下宣泄洪水的能力。

（4）桥梁高度：指桥面与低水位之间的高差，或指桥面与桥下线路路面之间的距离，简称桥高。

（5）桥梁全长：简称桥长，是桥梁两端两个桥台的侧墙或八字墙后端点之间的距离。

（6）桥下净空高度：设计洪水位、计算通航水位或桥下线路路面至桥跨结构最下缘之间的距离。

（7）拱轴线：拱圈各截面形心点的连线。

（8）建筑高度：桥上行车路面（或轨顶）标高至桥跨结构最下缘之间的距离。

（9）净矢高：从拱顶截面下缘至相邻两拱脚截面下缘最低点之连线的垂直距离。

（10）计算矢高：从拱顶截面形心至相邻两拱脚截面形心之连线的垂直距离。

（11）矢跨比：计算矢高与计算跨径之比，也称拱矢度，它是反映拱桥受力特性的一个重要指标。

（12）涵洞：用来宣泄路堤下水流的构造物。通常在建造涵洞处路堤不中断。凡是多孔跨径全长不到 8m 和单孔跨径不到 5m 的泄水结构物，均称为涵洞。

二、桥梁的主要类型

桥梁分类的方式很多，通常从受力特点、建桥材料、适用跨度、施工条件等方面来划分。

（一）按受力特点分

结构工程上的受力构件，拉、压、弯为三种基本受力方式，由基本构件组成的各种结构物，在力学上也可归结为梁式、拱式、悬吊式三种基本体系以及它们之间的各种组合。

1. 梁式桥

梁式桥是一种在竖向荷载作用下无水平反力的结构。由于外力（恒载和活载）的作用方向与承重结构的轴线接近垂直，故与同样跨径的其他结构体系相比，梁内产生的弯矩最大，通常需用抗弯能力强的材料（钢、木、钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土等）来建造。

2. 拱式桥

拱式桥的主要承重结构是拱圈或拱肋。这种结构在竖向荷载作用下，桥墩或桥台将承受水平推力，同时这种水平推力将显著抵消荷载所引起的在拱圈（或拱肋）内的弯矩作用。拱桥的承重结构以受压为主，通常用抗压能力强的圬工材料（砖、石、混凝土）和钢筋混凝土等来建造。

3. 刚架桥

刚架桥的主要承重结构是梁或板和立柱或竖墙整体结合在一起的刚架结构。梁和柱的连接处具有很大的刚性，在竖向荷载作用下，梁部主要受弯，而在柱脚处也具有水平反力，其受力状态介于梁桥和拱桥之间。同样的跨径在相同荷载作用下，刚架桥的正弯矩比梁式桥要小，刚架桥的建筑高度可以降低；但刚架桥施工比较困难，用普通钢筋混凝土修建，梁柱刚结处易产生裂缝。

4. 悬索桥

悬索桥以悬索为主要承重结构，结构自重较轻，构造简单，受力明确，能以较小的建筑高度经济合理地修建大跨度桥。由于这种桥的结构自重轻，刚度差，在车辆动荷载和风荷载作用下有较大的变形和振动。

5. 组合体系桥

组合体系桥由几个不同体系的结构组合而成，最常见的为连续刚构，梁、拱组合等。斜拉桥也是组合体系桥的一种。

（二）其他分类方式

（1）按桥梁多孔跨径总长或单孔跨径的长度，可分为特大桥、大桥、中桥、小桥。具体分类见表 1K412011。

按桥梁多孔跨径总长或单孔跨径分类 表 1K412011

桥 梁 分 类	多孔跨径总长 L（m）	单孔跨径 L_0（m）
特大桥	$L > 1000$	$L_0 > 150$
大 桥	$1000 \geqslant L \geqslant 100$	$150 \geqslant L_0 \geqslant 40$
中 桥	$100 > L > 30$	$40 > L_0 \geqslant 20$
小 桥	$30 \geqslant L \geqslant 8$	$20 > L_0 \geqslant 5$

注：① 单孔跨径系指标准跨径。梁式桥、板式桥以两桥墩中线之间桥中心线长度或桥墩中线与桥台台背前缘线之间桥中心线长度为标准跨径；拱式桥以净跨径为标准跨径。

② 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长；拱式桥为两岸桥台起拱线间的距离；其他形式的桥梁为桥面系的行车道长度。

（2）按用途划分，有公路桥、铁路桥、公铁两用桥、农用桥、人行桥、运水桥（渡槽）及其他专用桥梁（如通过管路、电缆等）。

（3）按主要承重结构所用的材料来分，有圬工桥、钢筋混凝土桥、预应力混凝土桥、钢桥、钢－混凝土结合梁桥和木桥等。

（4）按跨越障碍的性质来分，有跨河桥、跨线桥（立体交叉桥）、高架桥和栈桥。

（5）按上部结构的行车道位置分为上承式（桥面结构布置在主要承重结构之上）桥、下承式桥、中承式桥。

1K412012 模板、支架和拱架的设计、制作、安装与拆除

一、模板、支架和拱架的设计与验算

（1）模板、支架和拱架应结构简单、制造与装拆方便，根据施工过程中的各种控制工况进行设计，应具有足够的承载能力、刚度和稳定性，并应根据工程结构形式、设计跨

径、荷载、地基类别、施工方法、施工设备和材料供应等条件及有关标准进行施工设计。施工设计应包括下列内容：

1）工程概况和工程结构简图。

2）结构设计的依据和设计计算书。

3）总装图和细部构造图。

4）制作、安装的质量及精度要求。

5）安装、拆除时的安全技术措施及注意事项。

6）材料的性能要求及材料数量表。

7）设计说明书和使用说明书。

（2）钢模板和钢支架的设计应符合《钢结构通用规范》GB 55006—2021、《钢结构设计标准》GB 50017—2017 的规定，采用冷弯薄壁型钢时应符合《钢结构通用规范》GB 55006—2021、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GB 50018—2002 的规定；采用定型组合钢模板时应符合《组合钢模板技术规范》GB/T 50214—2013 的规定。采用定型钢管脚手架作为支架材料时，支架的设计应分别符合《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 166—2016、《建筑施工承插型盘扣式钢管脚手架安全技术标准》JGJ/T 231—2021 的规定。采用滑模应遵守《滑动模板工程技术标准》GB/T 50113—2019 的规定。采用其他材料的模板和支架的设计应符合其相应的专门技术规定。

（3）设计模板、支架和拱架时应按表 1K412012 进行荷载组合。

设计模板、支架和拱架的荷载组合表　　表 1K412012

模板构件名称	荷载组合	
	计算强度用	验算刚度用
梁、板和拱的底模及支承板、拱架、支架等	①+②+③+④+⑦+⑧	①+②+⑦+⑧
缘石、人行道、栏杆、柱、梁板、拱等的侧模板	④+⑤	⑤
基础、墩台等厚大结构物的侧模板	⑤+⑥	⑤

注：表中代号意思如下：

① 模板、拱架和支架自重。

② 新浇筑混凝土、钢筋混凝土或圬工、砌体的自重力。

③ 施工人员及施工材料机具等行走运输或堆放的荷载。

④ 振捣混凝土时的荷载。

⑤ 新浇筑混凝土对侧面模板的压力。

⑥ 倾倒混凝土时产生的水平向冲击荷载。

⑦ 设于水中的支架所承受的水流压力、波浪力、流冰压力、船只及其他漂浮物的撞击力。

⑧ 其他可能产生的荷载，如风雪荷载、冬期施工保温设施荷载等。

（4）验算模板、支架和拱架的抗倾覆稳定时，各施工阶段的稳定系数均不得小于 1.3。

（5）验算模板、支架和拱架的刚度时，其变形值不得超过下列规定：

1）结构表面外露的模板挠度为模板构件跨度的 1/400。

2）结构表面隐蔽的模板挠度为模板构件跨度的 1/250。

3）拱架和支架受载后挠曲的杆件，其弹性挠度为相应结构跨度的 1/400。

4）钢模板的面板变形值为 1.5mm。

5）钢模板的钢楞、柱箍变形值为 $L/500$ 及 $B/500$（L——计算跨度，B——柱宽度）。

（6）模板、支架和拱架的设计中应设施工预拱度。施工预拱度应考虑下列因素：

1）设计文件规定的结构预拱度。

2）支架和拱架承受全部施工荷载引起的弹性变形。

3）受载后由于杆件接头处的挤压和卸落设备压缩而产生的非弹性变形。

4）支架、拱架基础受载后的沉降。

（7）设计预应力混凝土结构模板时，应考虑施加预应力后构件的弹性压缩、上拱及支座螺栓或预埋件的位移等。

（8）支架的立杆、水平杆步距应根据承受的荷载确定，其构造要求和剪刀撑设置应满足现行规范标准。

（9）支架的地基与基础设计应符合所在地现行地标的规定，并应对地基承载力进行计算。

二、模板、支架和拱架的制作与安装

（1）支架和拱架搭设之前，应按《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194—2009 要求，预压地基合格并形成记录。门式钢管支撑架不得用于搭设满堂承重支撑架体系。

（2）支架立柱必须落在有足够承载力的地基上，立柱底端必须放置垫板或混凝土垫块。支架地基严禁被水浸泡，冬期施工必须采取防止冻胀的措施。

（3）支架通行孔的两边应加护桩、限高架及安全警示标志，夜间应设警示灯。施工中易受漂流物冲撞的河中支架应设牢固的防护设施。

（4）安设支架、拱架过程中，应随安装随架设临时支撑。采用多层支架时，支架的横垫板应水平，立柱应铅直，上下层立柱应在同一中心线上。

（5）施工脚手架、便桥须设立独立的支撑体系，不得与支架或拱架共用同一支撑结构。

（6）钢管满堂支架搭设完毕后，应按《钢管满堂支架预压技术规程》JGJ/T 194—2009 要求，预压支架合格并形成记录。

（7）支架、拱架安装完毕，经检验合格后方可安装模板；安装模板应与钢筋工序配合进行，妨碍绑扎钢筋的模板，应待钢筋工序结束后再安装；安装墩台模板时，其底部应与基础预埋件连接牢固，上部应采用拉杆固定；模板在安装过程中，必须设置防倾覆设施。

（8）模板与混凝土接触面应平整、接缝严密。组合钢模板的制作、安装应符合《组合钢模板技术规范》GB/T 50214—2013 的规定；钢框胶合板模板的组配面板宜采用错缝布置；高分子合成材料面板、硬塑料或玻璃钢模板，应与边肋及加强肋连接牢固。

（9）浇筑混凝土和砌筑前，应对模板、支架和拱架进行检查和验收，合格后方可施工。

（10）模板工程及支撑体系施工属于危险性较大的分部分项工程，施工前应编制专项方案；超过一定规模时（详见本书 1K420053 条）还应对专项施工方案进行专家论证。

三、模板、支架和拱架的拆除

（1）模板、支架和拱架拆除应符合下列规定：

1）非承重侧模应在混凝土强度能保证结构棱角不损坏时方可拆除，混凝土强度宜为

2.5MPa 及以上。

2）芯模和预留孔道内模应在混凝土抗压强度能保证结构表面不发生塌陷和裂缝时，方可拆除。

3）钢筋混凝土结构的承重模板、支架，应在混凝土强度能承受其自重荷载及其他可能的叠加荷载时，方可拆除。

（2）浆砌石、混凝土砌块拱桥拱架的卸落应遵守下列规定：

1）浆砌石、混凝土砌块拱桥应在砂浆强度达到设计要求强度后卸落拱架，设计未规定时，砂浆强度应达到设计标准值的 80% 以上。

2）跨径小于 10m 的拱桥宜在拱上结构全部完成后卸落拱架；中等跨径实腹式拱桥宜在护拱完成后卸落拱架；大跨径空腹式拱桥宜在腹拱横墙完成（未砌腹拱圈）后卸落拱架。

3）在裸拱状态卸落拱架时，应对主拱进行强度及稳定性验算并采取必要的稳定措施。

（3）模板、支架和拱架拆除应遵循“先支后拆、后支先拆”的原则。支架和拱架应按几个循环卸落，卸落量宜由小渐大。每一循环中，在横向应同时卸落、在纵向应对称均衡卸落。简支梁、连续梁结构的模板应从跨中向支座方向依次循环卸落；悬臂梁结构的模板宜从悬臂端开始顺序卸落。

（4）预应力混凝土结构的侧模应在预应力张拉前拆除；底模应在结构建立预应力后拆除。

1K412013　钢筋施工技术

一、一般规定

（1）钢筋混凝土结构所用钢筋的品种、规格、性能等均应符合设计要求和《钢筋混凝土用钢　第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB/T 1499.1—2017、《钢筋混凝土用钢　第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB/T 1499.2—2018、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014—2013、《冷轧带肋钢筋》GB/T 13788—2017 以及《环氧树脂涂层钢筋》JG/T 502—2016 等的规定；其他特殊钢筋应符合其相应产品标准的规定。

（2）钢筋应按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收，确认合格后方可使用。

（3）钢筋在运输、储存、加工过程中应防止锈蚀、污染和变形。在工地存放时应按不同品种、规格、分批分别堆置整齐，不得混杂，并应设立识别标志，存放时间宜不超过 6 个月；存放场地应有防、排水设施，且钢筋不得直接置于地面，应垫高或堆置在台座上，顶部采用合适的材料覆盖，防水浸、雨淋。

（4）钢筋的级别、种类和直径应按设计要求采用。当需要代换时，应由原设计单位作变更设计。

（5）预制构件的吊环必须采用未经冷拉的热轧光圆钢筋制作，不得以其他钢筋替代，且其使用时的计算拉应力应不大于 65MPa。

（6）在浇筑混凝土之前应对钢筋进行隐蔽工程验收，确认符合设计要求并形成记录。

二、钢筋加工

（1）钢筋弯制前应先调直。钢筋应优先选用钢筋调直机、数控钢筋调直切断机等钢筋调直工艺，且不得使用卷扬机调直。

(2)钢筋下料前，应核对钢筋品种、规格、等级及加工数量，并应根据设计要求和钢筋长度配料。钢筋宜采用数控化机械设备在专用厂房中集中下料和加工，其形状、尺寸应符合设计的规定；加工后的钢筋，其表面不应有削弱钢筋截面的伤痕。下料后应按种类和使用部位分别挂牌标明。

(3)受力钢筋弯制和末端弯钩均应符合设计要求或规范规定。

(4)箍筋末端弯钩形式应符合设计要求或规范规定。箍筋弯钩的弯曲直径应大于被箍主钢筋的直径，且 HPB300 不得小于箍筋直径的 2.5 倍，HRB400 不得小于箍筋直径的 5 倍；弯钩平直部分的长度，一般结构不宜小于箍筋直径的 5 倍，有抗震要求的结构不得小于箍筋直径的 10 倍。

(5)钢筋宜在常温状态下弯制，不宜加热。钢筋宜从中部开始逐步向两端弯制，弯钩应一次弯成。

(6)钢筋加工过程中，应采取防止油渍、泥浆等物污染和防止受损伤的措施。

三、钢筋连接

1. 热轧钢筋接头

热轧钢筋接头应符合设计要求。当设计无要求时，应符合下列规定：

(1)钢筋接头宜采用焊接接头或机械连接接头。

(2)焊接接头应符合《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18—2012 的有关规定。

(3)机械连接接头的适用范围、工艺要求、套筒材料及质量要求等应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107—2016 的有关规定。钢筋连接用套筒应符合《钢筋机械连接用套筒》JG/T 163—2013 的有关规定。

(4)当普通混凝土中钢筋直径等于或小于 22mm，在无焊接条件时，可采用绑扎连接，但受拉构件中的主钢筋不得采用绑扎连接。

(5)钢筋骨架和钢筋网片的交叉点焊接宜采用电阻点焊。

(6)钢筋与钢板的 T 形连接，宜采用埋弧压力焊或电弧焊。

2. 钢筋接头设置

钢筋接头设置应符合下列规定：

(1)在同一根钢筋上宜少设接头。

(2)钢筋接头应设在受力较小区段，不宜位于构件的最大弯矩处。

(3)在任一焊接或绑扎接头长度区段内，同一根钢筋不得有两个接头，在该区段内的受力钢筋，其接头的截面面积占总截面积的百分率应符合规范规定。

(4)接头末端至钢筋弯起点的距离不得小于钢筋直径的 10 倍。

(5)施工中钢筋受力分不清受拉、受压的，按受拉处理。

(6)钢筋接头部位横向净距不得小于钢筋直径，且不得小于 25mm。

(7)钢筋机械连接接头——在混凝土结构中要求充分发挥钢筋强度或对延性要求高的部位应选用Ⅱ级或Ⅰ级接头；当在同一连接区段内钢筋接头面积百分率为 100% 时，应选用Ⅰ级接头。

(8)直螺纹钢筋丝头加工时，钢筋端部应采用带锯、砂轮锯或带圆弧形刀片的专用钢筋切断机切平；镦粗头不应有与钢筋轴线相垂直的横向裂纹；钢筋丝头长度应满足产品设计要求，极限偏差应为 0~2.0p；钢筋丝头采用专用直螺纹量规检验，通规应能顺利旋入

并达到要求的拧入长度，止规旋入不得超过 $3p$。各规格的自检数量不应少于 10%，检验合格率不应小于 95%。

（9）直螺纹接头安装时可用管钳扳手拧紧，钢筋丝头应在套筒中央位置相互顶紧，标准型、正反丝型、异径型接头安装后的单侧外露螺纹不宜超过 $2p$；对无法对顶的其他直螺纹接头，应附加锁紧螺母、顶紧凸台等措施紧固。

（10）直螺纹接头安装后用扭力扳手校核拧紧扭矩，校核用扭力扳手每年校核一次。

（11）直螺纹接头现场抽检项目应包括极限抗拉强度试验、加工和安装质量检验。抽检应按验收批进行，同钢筋生产厂、同强度等级、同规格、同类型和同型式接头应以 500 个为一个验收批进行检验与验收，不足 500 个也应作为一个验收批。

四、钢筋骨架和钢筋网的组成与安装

施工现场可根据结构情况和现场运输起重条件，先分部预制成钢筋骨架或钢筋网片，入模就位后再焊接或绑扎成整体骨架。为确保分部钢筋骨架具有足够的刚度和稳定性，可在钢筋的部分交叉点处施焊或用辅助钢筋加固。对集中加工、整体安装的半成品钢筋和钢筋骨架，在运输时应采用适宜的装载工具，并应采取增加刚度、防止其扭曲变形的措施。

1. 钢筋骨架制作和组装

钢筋骨架制作和组装应符合下列规定：

（1）钢筋骨架的焊接应在坚固的工作台上进行。

（2）组装时应按设计图纸放大样，放样时应考虑骨架预拱度。简支梁钢筋骨架预拱度应符合设计和规范规定。

（3）组装时，在需要焊接的位置宜采用楔形卡卡紧，防止焊接时局部变形。

（4）骨架接长焊接时，不同直径钢筋的中心线应在同一平面上。

2. 钢筋网片电阻点焊

钢筋网片采用电阻点焊应符合下列规定：

（1）当焊接网片的受力钢筋为 HPB300 钢筋时，如焊接网片只有一个方向受力，受力主筋与两端的两根横向钢筋全部交叉点必须焊接；如焊接网片为两个方向受力，则四周边缘的两根钢筋的全部交叉点必须焊接，其余交叉点可间隔焊接或绑、焊相间（即：单向双边焊、双向四边焊）。

（2）当焊接网片的受力钢筋为冷拔低碳钢丝，而另一方向的钢筋间距小于 100mm 时，除受力主筋与两端的两根横向钢筋的全部交叉点必须焊接外，中间部分的焊点距离可增大至 250mm。

3. 钢筋现场绑扎

现场绑扎钢筋应符合下列规定：

（1）钢筋的交叉点应采用绑丝绑牢，必要时可辅以点焊。

（2）钢筋网的外围两行钢筋交叉点应全部扎牢，中间部分交叉点可间隔交错扎牢，但双向受力的钢筋网，钢筋交叉点必须全部扎牢。

（3）梁和柱的箍筋，除设计有特殊要求外，应与受力钢筋垂直设置；箍筋弯钩叠合处，应位于梁和柱角的受力钢筋处，并错开设置（同一截面上有两个以上箍筋的大截面梁和柱除外）；螺旋形箍筋的起点和终点均应绑扎在纵向钢筋上，有抗扭要求的螺旋箍筋，

钢筋应伸入核心混凝土中。

（4）矩形柱角部竖向钢筋的弯钩平面与模板面的夹角应为45°；多边形柱角部竖向钢筋弯钩平面应朝向断面中心；圆形柱所有竖向钢筋弯钩平面应朝向圆心。小型截面柱当采用插入式振捣器时，弯钩平面与模板面的夹角不得小于15°。

（5）绑扎接头搭接长度范围内的箍筋间距：当钢筋受拉时应小于5*d*，且不得大于100mm；当钢筋受压时应小于10*d*，且不得大于200mm。

（6）钢筋骨架的多层钢筋之间，应用短钢筋支垫，确保位置准确。

4. 钢筋的混凝土保护层厚度

钢筋的混凝土保护层厚度，必须符合设计要求。设计无要求时应符合下列规定：

（1）普通钢筋和预应力直线形钢筋的最小混凝土保护层厚度不得小于钢筋公称直径，后张法构件预应力直线形钢筋不得小于其管道直径的1/2。

（2）当受拉区主筋的混凝土保护层厚度大于50mm时，应在保护层内设置直径不小于6mm、间距不大于100mm的钢筋网。

（3）钢筋机械连接件的最小保护层厚度不得小于20mm。

（4）应在钢筋与模板之间设置垫块，确保钢筋的混凝土保护层厚度，垫块应与钢筋绑扎牢固、错开布置。混凝土垫块应具有不低于结构本体混凝土的强度，并应有足够的密实性。混凝土垫块使用专业化压制设备制作或标准模具生产的垫块。

（5）混凝土浇筑前，应对垫块的位置、数量和紧固程度进行检查。

1K412014 混凝土施工技术

一、混凝土的抗压强度

（1）在进行混凝土强度试配和质量评定时，混凝土的抗压强度应以边长为150mm的立方体标准试件测定。

（2）《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107—2010中规定了评定混凝土强度的方法，包括标准差已知统计法、标准差未知统计法以及非统计法三种。

（3）对C60及以上的高强度混凝土，当混凝土方量较少时，宜留取不少于10组的试件，采用标准差未知的统计方法评定混凝土强度。

二、混凝土原材料

（1）混凝土原材料包括水泥、粗细骨料、矿物掺合料、外加剂和水。对预拌混凝土的生产、运输等环节应按《预拌混凝土》GB/T 14902—2012要求执行。配制混凝土用的水泥等各种原材料，其质量应分别符合相应标准。

（2）配制高强度混凝土的矿物掺合料可选用优质粉煤灰、磨细矿渣粉、硅粉和磨细天然沸石粉。

（3）常用的外加剂有减水剂、早强剂、缓凝剂、引气剂、防冻剂、膨胀剂、防水剂、混凝土泵送剂、喷射混凝土用的速凝剂等。

三、混凝土配合比设计

混凝土配合比设计依据《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55—2011进行。

四、混凝土施工

混凝土的施工包括原材料的计量，混凝土的搅拌、运输、浇筑和混凝土养护等内容。

（一）原材料计量

各种计量器具应按计量法的规定定期检定，保持计量准确。在混凝土生产过程中，应注意控制原材料的计量偏差。对骨料的含水率的检测，每一工作班不应少于一次。雨期施工应增加测定次数，根据骨料实际含水量调整砂石料和水的用量。

（二）混凝土搅拌、运输和浇筑

1. 混凝土搅拌

混凝土拌合物应均匀，颜色一致，不得有离析和泌水现象。搅拌时间是混凝土拌合时的重要控制参数，使用机械搅拌时，自全部材料装入搅拌机开始搅拌起，至开始卸料时止，延续搅拌的最短时间应符合表 1K412014 的规定。

混凝土最短搅拌时间表　　表 1K412014

搅拌机类型	搅拌机容量（L）	混凝土坍落度（mm）		
		< 30	30～70	> 70
		混凝土最短搅拌时间（min）		
强制式	≤ 400	1.5	1.0	1.0
	≤ 1500	2.5	1.5	1.5

注：① 当掺入外加剂时，外加剂应调成适当浓度的溶液再掺入，搅拌时间宜延长。
② 采用分次投料搅拌工艺时，搅拌时间应按工艺要求办理。
③ 当采用其他形式的搅拌设备时，搅拌的最短时间应按设备说明书的规定办理，或经试验确定。

混凝土拌合物的坍落度应在搅拌地点和浇筑地点分别随机取样检测。每一工作班或每一单元结构物不应少于两次。评定时应以浇筑地点的测值为准。如混凝土拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过 15min 时，其坍落度可仅在搅拌地点检测。在检测坍落度时，还应观察混凝土拌合物的黏聚性和保水性。

2. 混凝土运输

（1）混凝土的运输能力应满足混凝土凝结速度和浇筑速度的要求，使浇筑工作不间断。

（2）运送混凝土拌合物的容器或管道应不漏浆、不吸水，内壁光滑平整，能保证卸料及输送畅通。

（3）混凝土拌合物在运输过程中，应保持均匀性，不产生分层、离析等现象，如出现分层、离析现象，则应对混凝土拌合物进行二次快速搅拌。

（4）混凝土拌合物运输到浇筑地点后，应按规定检测其坍落度，坍落度应符合设计要求和施工工艺要求。

（5）预拌混凝土在卸料前需要掺加外加剂时，应在外加剂掺入后采用快挡旋转搅拌罐进行搅拌；外加剂掺量和搅拌时间应有经试验确定的预案。

（6）严禁在运输过程中向混凝土拌合物中加水。

（7）预拌混凝土从搅拌机卸入搅拌运输车至卸料时的运输时间不宜大于 90min，如需延长运送时间，则应采取相应的有效技术措施，并应通过试验验证。

3. 混凝土浇筑

（1）浇筑前的检查：

浇筑混凝土前，应检查模板、支架的承载力、刚度、稳定性，检查钢筋及预埋件的位

置、规格，并做好记录，符合设计要求后方可浇筑。在原混凝土面上浇筑新混凝土时，相接面应凿毛，并清洗干净，表面湿润但不得有积水。

（2）混凝土浇筑：

1）混凝土一次浇筑量要适应各施工环节的实际能力，以保证混凝土的连续浇筑。对于大方量混凝土浇筑，应事先制定浇筑方案。

2）混凝土浇筑过程中散落的混凝土严禁用于混凝土结构构件的浇筑。

3）采用泵送混凝土时，应保证混凝土泵连续工作，受料斗应有足够的混凝土。泵送间歇时间不宜超过 15min。

4）混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。同一施工段的混凝土应连续浇筑，并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。

5）采用振捣器振捣混凝土时，每一振点的振捣延续时间，应以混凝土表面呈现浮浆、不出现气泡和不再沉落为准。

（三）混凝土养护

（1）一般混凝土浇筑完成后，应在收浆后尽快予以覆盖和洒水养护。对干硬性混凝土、炎热天气浇筑的混凝土、大面积裸露的混凝土，有条件的可在浇筑完成后立即加设棚罩，待收浆后再予以覆盖和养护。

（2）洒水养护的时间，采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥的混凝土，不应少于 7d。掺用缓凝型外加剂或有抗渗等要求以及高强度混凝土，不应少于 14d。使用真空吸水的混凝土，可在保证强度条件下适当缩短养护时间。采用涂刷薄膜养护剂养护时，养护剂应通过试验确定，并应制定操作工艺。采用塑料膜覆盖养护时，应在混凝土浇筑完成后及时覆盖严密，保证膜内有足够的凝结水。

（3）当气温低于 5℃时，应采取保温措施，不应对混凝土洒水养护。

1K412015　预应力混凝土施工技术

一、预应力筋及管道

（一）预应力筋

（1）预应力混凝土结构所采用预应力筋的质量应符合《预应力混凝土用钢丝》GB/T 5223—2014、《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224—2014、《无粘结预应力钢绞线》JG/T 161—2016 等规范的规定。每批钢丝、钢绞线、钢筋应由同一牌号、同一规格、同一生产工艺的产品组成。

（2）新产品及进口材料的质量应符合相应现行国家标准的规定。

（3）预应力筋进场时，应对其质量证明文件、包装、标志和规格进行检验，并应符合下列规定：

1）钢丝检验每批重量不得大于 60t；对每批钢丝逐盘进行外形、尺寸和表面质量检查。从检查合格的钢丝中抽查 3 盘，在每盘钢丝的任一端取样进行力学性能试验及其他试验。试验结果有一项不合格则该盘钢丝报废，并从同批次未试验过的钢丝盘中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验，如仍有一项不合格，应逐盘检验，合格者接收。

2）钢绞线检验每批重量不得大于 60t；逐盘检验表面质量和外形尺寸；再从每批钢绞线中任取 3 盘，并从每盘所选的钢绞线任一端截取一根试样，进行力学性能试验及其他

试验。如每批少于3盘，应全数检验。检验结果如有一项不合格时，则不合格盘报废，并再从该批未试验过的钢绞线中取双倍数量的试样进行该不合格项的复验。如仍有一项不合格，则该批钢绞线应实施逐盘检验，合格者接收。

3）精轧螺纹钢筋检验每批重量不得大于60t；对其表面质量应逐根进行外观检查，外观检查合格后每批中任选2根钢筋截取试件进行拉伸试验。试验结果有一项不合格，则取双倍数量的试样重做试验。如仍有一项不合格，则该批钢筋为不合格。

（4）预应力筋必须保持清洁。在存放、搬运、施工操作过程中应避免机械损伤和有害的锈蚀。如长时间存放，必须安排定期的外观检查。

预应力钢绞线宜成盘运输，盘径不应小于1.0m；存放时最下盘钢绞线上堆放的钢绞线不应超过4000kg。

（5）存放的仓库应干燥、防潮、通风良好、无腐蚀气体和介质。存放在室外时不得直接堆放在地面上，必须垫高、覆盖、防腐蚀、防雨露，时间不宜超过6个月。

（6）预应力筋的制作：

1）预应力筋下料长度应通过计算确定，计算时应考虑结构的孔道长度或台座长度、锚（夹）具长度、千斤顶长度、镦头预留量，冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值和外露长度等因素。

2）预应力筋宜使用砂轮锯或切断机切断，不得采用电弧切割。

3）预应力筋采用镦头锚固时，高强度钢丝宜采用液压冷镦；冷拔低碳钢丝可采用冷冲镦粗；钢筋宜采用电热镦粗，但HRB500级钢筋镦粗后应进行电热处理。冷拉钢筋端头的镦粗及热处理工作，应在钢筋冷拉之前进行，否则应对镦头逐个进行张拉检查，检查时的控制应力应不小于钢筋冷拉时的控制应力。

4）预应力筋由多根钢丝或钢绞线组成时，在同束预应力钢筋内，应采用强度相等的预应力钢材。编束时，应逐根梳理直顺不扭转，绑扎牢固，每隔1m一道，不得互相缠绕。编束后的钢丝和钢绞线应按编号分类存放。钢丝和钢绞线束移运时支点距离不得大于3m，端部悬出长度不得大于1.5m。

（二）管道与孔道

（1）后张有粘结预应力混凝土结构中，预应力筋的孔道一般由浇筑在混凝土中的刚性或半刚性管道构成。一般工程可由钢管抽芯、胶管抽芯或金属伸缩套管抽芯预留孔道。浇筑在混凝土中的管道应具有足够强度和刚度，不允许有漏浆现象，且能按要求传递粘结力。

（2）常用管道为金属螺旋管或塑料（化学建材）波纹管。管道应内壁光滑，可弯曲成适当的形状而不出现卷曲或被压扁。金属螺旋管的性能应符合《预应力混凝土用金属波纹管》JG/T 225—2020的规定，塑料管性能应符合《预应力混凝土桥梁用塑料波纹管》JT/T 529—2016的规定。

（3）金属管道在室外存放时，时间不宜超过6个月。

（4）管道的检验：

1）管道进场时，应检查出厂合格证和质量保证书，核对其类别、型号、规格及数量，应进行管道外观质量检查、径向刚度和抗渗漏性能检验。检验方法应按有关规范、标准进行。

2）管道按批进行检验。金属螺旋管每批由同一生产厂家，同一批钢带所制作的产品组成，累计半年或50000m生产量为一批。塑料管每批由同配方、同工艺、同设备稳定连续生产的产品组成，每批数量不应超过10000m。

（5）管（孔）道的其他要求：

1）在桥梁的某些特殊部位，设计无要求时，可采用符合要求的平滑钢管或高密度聚乙烯管，其管壁厚不得小于2mm。

2）管道的内横截面积至少应是预应力筋净截面积的2.0倍。不足这一面积时，应通过试验验证其可否进行正常压浆作业。超长钢束的管道也应通过试验确定其面积比。

二、锚具、夹具和连接器

（一）基本要求

（1）预应力筋用锚具、夹具、连接器和锚垫板表面应无污物、锈蚀、机械损伤和裂纹。

（2）后张预应力锚具和连接器按照锚固方式不同，可分为夹片式（单孔和多孔夹片锚具）、支承式（镦头锚具、螺母锚具）、握裹式（挤压锚具、压花锚具）和组合式（热铸锚具、冷铸锚具）。

（3）预应力锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适用性，并应符合《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB/T 14370—2015和《预应力筋用锚具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85—2010的规定。

（4）适用于高强度预应力筋的锚具（或连接器），也可以用于较低强度的预应力筋；仅能适用于低强度预应力筋的锚具（或连接器），不得用于高强度预应力筋。

（5）锚具应满足分级张拉、补张拉和放松预应力的要求。锚固多根预应力筋的锚具，除应有整束张拉的性能外，尚宜具有单根张拉的可能性。

（6）用于后张法的连接器，必须符合锚具的性能要求。

（7）当锚具下的锚垫板要求采用喇叭管时，喇叭管宜选用钢制或铸铁产品。锚垫板应设置足够的螺旋钢筋或网状分布钢筋。

（8）锚垫板与预应力筋（或孔道）在锚固区及其附近应相互垂直。后张构件锚垫板上宜设灌浆孔。

（二）验收规定

（1）锚具、夹具及连接器进场验收时，应按出厂合格证和质量证明书核查其锚固性能类别、型号、规格、数量，确认无误后进行外观检查、硬度检验和静载锚固性能试验。

（2）验收应分批进行，批次划分时，同一种材料和同一生产工艺条件下生产的产品可列为同一批次。锚具、夹片应以不超过1000套为一个验收批。连接器的每个验收批不宜超过500套。

1）外观检查：

从每批锚具（夹片或连接器）中抽取10%且不少于10套，进行外观质量和外形尺寸检查。所抽全部样品表面均不得有裂纹，尺寸偏差不能超过产品标准及设计图纸规定的尺寸允许偏差。当有一套不合格时，另取双倍数量的锚具重做检查，如仍有一套不符合要求时，则逐套检查，合格者方可使用。

2）硬度检验：

从每批锚具（夹片或连接器）中抽取5％且不少于5套进行硬度检验。对硬度有要

求的零件做硬度试验，对多孔夹片式锚具的夹片，每套至少抽取5片，每个零件测试3点，其硬度应在产品设计要求范围内。有一个零件不合格时，则应另取双倍数量的零件重做检验，仍有一件不合格时，则应对该批产品逐个检查，合格者方可使用。

（3）静载锚固性能试验：对大桥、特大桥等重要工程、质量证明资料不齐全、不正确或质量有疑点的锚具，在通过外观和硬度检验的同批中抽取6套锚具（夹片或连接器），组成3个预应力筋锚具组装件，由具有相应资质的专业检测机构进行静载锚固性能试验。如有一个试件不符合要求时，则应另取双倍数量的锚具（夹具或连接器）重做试验，如仍有一个试件不符合要求时，则该批产品视为不合格品。

对用于中小桥梁的锚具（夹片或连接器）进场验收，其静载锚固性能可由锚具生产厂提供试验报告。

三、预应力混凝土配制与浇筑

（一）配制

（1）预应力混凝土应优先采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，不宜使用矿渣硅酸盐水泥，不得使用火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥。粗骨料应采用碎石，其粒径宜为5～25mm。

（2）混凝土中的水泥用量不宜大于550kg/m^3。

（3）混凝土中严禁使用含氯化物的外加剂及引气剂或引气型减水剂。

（4）从各种材料引入混凝土中的水溶性氯离子最大含量不应超过胶凝材料用量的0.06%。

（二）浇筑

（1）浇筑混凝土时，对预应力筋锚固区及钢筋密集部位，应加强振捣。

（2）对先张构件应避免振动器碰撞预应力筋，对后张构件应避免振动器碰撞预应力筋的管道。

（3）混凝土施工尚应符合本书1K412014条的有关规定。

四、预应力张拉施工

（一）基本规定

（1）预应力筋的张拉控制应力必须符合设计规定。

（2）预应力筋采用应力控制方法张拉时，应以伸长值进行校核。实际伸长值与理论伸长值的差值应符合设计要求；设计无要求时，实际伸长值与理论伸长值之差应控制在6%以内。否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施后，方可继续张拉。

（3）预应力张拉时，应先调整到初应力（σ_0），该初应力宜为张拉控制应力（σ_{con}）的10%～15%，伸长值应从初应力时开始量测。

（4）预应力筋张拉时，应对张拉力、压力表读数、张拉伸长值、锚固回缩及异常情况处理等作出详细记录。

（5）预应力筋的锚固应在张拉控制应力处于稳定状态下进行，锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量，不得大于设计要求或规范规定。

（二）先张法预应力施工

（1）张拉台座应具有足够的强度和刚度，其抗倾覆安全系数不得小于1.5，抗滑移安全系数不得小于1.3。张拉横梁应有足够的刚度，受力后的最大挠度不得大于2mm。锚板

受力中心应与预应力筋合力中心一致。

（2）预应力筋连同隔离套管应在钢筋骨架完成后一并穿入就位。就位后，严禁使用电弧焊对梁体钢筋及模板进行切割或焊接。隔离套管内端应堵严。

（3）同时张拉多根预应力筋时，各根预应力筋的初始应力应一致。张拉过程中应使活动横梁与固定横梁始终保持平行。

（4）张拉程序应符合设计要求，设计未要求时，其张拉程序应符合表 1K412015-1 的规定。

先张法预应力筋张拉程序 表 1K412015-1

预应力筋种类	张 拉 程 序
钢筋	0 →初应力→ $1.05\sigma_{con}$ → $0.9\sigma_{con}$ → σ_{con}（锚固）
钢丝、钢绞线	0 →初应力→ $1.05\sigma_{con}$（持荷 2min）→ 0 → σ_{con}（锚固） 对于夹片式等具有自锚性能的锚具： 普通松弛力筋 0 →初应力→ $1.03\sigma_{con}$（锚固） 低松弛力筋 0 →初应力→ σ_{con}（持荷 2min 锚固）

注：① 表中 σ_{con} 为张拉时的控制应力值，包括预应力损失值。
② 张拉钢筋时，为保证施工安全，应在超张拉放张至 $0.9\sigma_{con}$ 时安装模板、普通钢筋及预埋件等。

（5）张拉过程中，预应力筋不得断丝、断筋或滑丝。

（6）放张预应力筋时混凝土强度必须符合设计要求，设计未要求时，不得低于设计混凝土强度等级值的 75%。放张顺序应符合设计要求，设计未要求时，应分阶段、对称、交错地放张。放张前，应将限制位移的模板拆除。

（三）后张法预应力施工

（1）预应力管道安装应符合下列要求：

1）管道应采用定位钢筋牢固地定位于设计位置。

2）金属管道接头应采用套管连接，连接套管宜采用大一个直径型号的同类管道，且应与金属管道封裹严密。

3）管道应留压浆孔与溢浆孔；曲线孔道的波峰部位应留排气孔；在最低部位宜留排水孔。

4）管道安装就位后应立即通孔检查，发现堵塞应及时疏通。管道经检查合格后应及时将其端面封堵，防止杂物进入。

5）管道安装后，需在其附近进行焊接作业时，必须对管道采取保护措施。

（2）预应力筋安装应符合下列要求：

1）先穿束后浇混凝土时，浇筑混凝土之前，必须检查管道并确认完好；浇筑混凝土时应定时抽动、转动预应力筋。

2）先浇混凝土后穿束时，浇筑后应立即疏通管道，确保其畅通。

3）混凝土采用蒸汽养护时，养护期内不得装入预应力筋。

4）穿束后至孔道灌浆完成应控制在下列时间以内，否则应对预应力筋采取防锈措施：

空气湿度大于 70% 或盐分过大时，7d；

空气湿度 40%～70% 时，15d；

空气湿度小于 40% 时，20d。

5）在预应力筋附近进行电焊时，应对预应力筋采取保护措施。

（3）预应力筋张拉应符合下列要求：

1）混凝土强度应符合设计要求，设计未要求时，不得低于强度设计值的75%；且应将限制位移的模板拆除后，方可进行张拉。

2）预应力筋张拉端的设置应符合设计要求。当设计未要求时，应符合下列规定：

曲线预应力筋或长度大于等于25m的直线预应力筋，宜在两端张拉；长度小于25m的直线预应力筋，可在一端张拉。

当同一截面中有多束一端张拉的预应力筋时，张拉端宜均匀交错地设置在结构的两端。

3）在二类以上市政工程项目预制场内进行后张法预应力构件施工时不得使用非数控预应力张拉设备。

4）张拉前应根据设计要求对孔道的摩阻损失进行实测，以便确定张拉控制应力值，并确定预应力筋的理论伸长值。

5）预应力筋的张拉顺序应符合设计要求。当设计无要求时，可采取分批、分阶段对称张拉。宜先中间，后上、下或两侧。

6）预应力筋张拉程序应符合表1K412015-2的规定。

后张法预应力筋张拉程序表　　表1K412015-2

预应力筋种类		张拉程序
钢绞线束	对夹片式等有自锚性能的锚具	普通松弛力筋　0→初应力→1.03σ_{con}（锚固） 低松弛力筋　0→初应力→σ_{con}（持荷2min锚固）
	其他锚具	0→初应力→1.05σ_{con}（持荷2min）→σ_{con}（锚固）
钢丝束	对夹片式等有自锚性能的锚具	普通松弛力筋　0→初应力→1.03σ_{con}（锚固） 低松弛力筋　0→初应力→σ_{con}（持荷2min锚固）
	其他锚具	0→初应力→1.05σ_{con}（持荷2min）→0→σ_{con}（锚固）
精轧螺纹钢筋	直线配筋时	0→初应力→σ_{con}（持荷2min锚固）
	曲线配筋时	0→σ_{con}（持荷2min）→0（上述程序可反复几次）→初应力→σ_{con}（持荷2min锚固）

注：①σ_{con}为张拉时的控制应力值，包括预应力损失值。
②梁的竖向预应力筋可一次张拉到控制应力，持荷5min锚固。

7）预应力筋张拉后应可靠锚固，且不应有断丝或滑丝。

（4）张拉控制应力达到稳定后方可锚固。锚具应用封端混凝土保护，当需较长时间外露时，应采取防锈蚀措施。锚固完毕经检验合格后，方可切割端头多余的预应力筋。

（四）孔道压浆

（1）预应力筋张拉后，应及时进行孔道压浆，多跨连续有连接器的预应力筋孔道，应张拉完一段灌注一段。孔道压浆宜采用水泥浆。水泥浆的强度应符合设计要求，设计无要求时不得低于30MPa。

（2）在二类以上市政工程项目预制场内进行后张法预应力构件施工时不得使用非数控孔道压浆设备。

（3）压浆后应从检查孔抽查压浆的密实情况，如有不实，应及时处理。压浆作业，每一工作班应留取不少于3组试块，标养28d，以其抗压强度作为水泥浆质量的评定依据。

（4）压浆过程中及压浆后 48h 内，结构混凝土的温度不得低于 5℃，否则应采取保温措施。当白天气温高于 35℃时，压浆宜在夜间进行。

（5）埋设在结构内的锚具，压浆后应及时浇筑封锚混凝土。封锚混凝土的强度等级应符合设计要求，不宜低于结构混凝土强度等级的 80%，且不低于 30MPa。

（6）孔道内的水泥浆强度达到设计要求后方可吊移预制构件；设计未要求时，应不低于水泥浆设计强度的 75%。

1K412016 桥面防水系统施工技术

以下简要介绍桥面防水系统施工技术要求，包括基层要求及处理、防水卷材施工、防水涂料施工、其他相关要求和桥面防水质量验收。

一、基层要求

（1）基层混凝土强度应达到设计强度的 80% 以上，方可进行防水层施工。

（2）当采用防水卷材时，基层混凝土表面的粗糙度应为 1.5～2.0mm；当采用防水涂料时，基层混凝土表面的粗糙度应为 0.5～1.0mm。对局部粗糙度大于上限值的部位，可在环氧树脂上撒布粒径为 0.2～0.7mm 的石英砂进行处理，同时应将环氧树脂上的浮砂清除干净。

（3）混凝土的基层平整度应小于或等于 1.67mm/m。

（4）当防水材料为卷材及聚氨酯涂料时，基层混凝土的含水率应小于 4%（质量比）。当防水材料为聚合物改性沥青涂料和聚合物水泥涂料时，基层混凝土的含水率应小于 10%（质量比）。

（5）基层混凝土表面粗糙度处理宜采用抛丸打磨。基层表面的浮灰应清除干净，并不应有杂物、油类物质、有机质等。

（6）水泥混凝土铺装及基层混凝土的结构缝内应清理干净，结构缝内应嵌填密封材料。嵌填的密封材料应粘结牢固、封闭防水，并应根据需要使用底涂。

（7）当防水层施工时，因施工原因需在防水层表面另加设保护层及处理剂时，应在确定保护层及处理剂的材料前，进行沥青混凝土与保护层及处理剂间、保护层及处理剂与防水层间的粘结强度模拟试验，试验结果满足规程要求后，方可使用与试验材料完全一致的保护层及处理剂。

二、基层处理

（1）基层处理剂可采用喷涂法或刷涂法施工，喷涂应均匀，覆盖完全，待其干燥后应及时进行防水层施工。

（2）喷涂基层处理剂前，应采用毛刷对桥面排水口、转角等处先行涂刷，然后再进行大面积基层面的喷涂。

（3）基层处理剂涂刷完毕后，其表面应进行保护，且应保持清洁。涂刷范围内，严禁各种车辆行驶和人员踩踏。

（4）防水基层处理剂应根据防水层类型、防水基层混凝土龄期及含水率、铺设防水层前对处理剂的要求按《城市桥梁桥面防水工程技术规程》CJJ 139—2010 表 5.2.4 选用。

三、防水卷材施工

（1）卷材防水层铺设前应先做好节点、转角、排水口等部位的局部处理，然后再进行

大面积铺设。

（2）当铺设防水卷材时，环境气温和卷材的温度应高于5℃，基面层的温度必须高于0℃；当下雨、下雪和风力大于或等于5级时，严禁进行桥面防水层体系的施工。当施工中途下雨时，应做好已铺卷材周边的防护工作。

（3）铺设防水卷材时，任何区域的卷材不得多于3层，搭接接头应错开500mm以上，严禁沿道路宽度方向搭接形成通缝。接头处卷材的搭接宽度沿卷材的长度方向应为150mm，沿卷材的宽度方向应为100mm。

（4）铺设防水卷材应平整顺直，搭接尺寸应准确，不得扭曲、皱褶。卷材的展开方向应与车辆的运行方向一致，卷材应采用沿桥梁纵、横坡从低处向高处的铺设方法，高处卷材应压在低处卷材之上。

（5）当采用热熔法铺设防水卷材时，应满足下列要求：

1）应采取措施保证均匀加热卷材的下涂盖层，且应压实防水层。多头火焰加热器的喷嘴与卷材的距离应适中并以卷材表面熔融至接近流淌为度，防止烧熔胎体。

2）卷材表面热熔后应立即滚铺卷材，滚铺时卷材上面应采用滚筒均匀辊压，并应完全粘贴牢固，且不得出现气泡。

3）搭接缝部位应将热熔的改性沥青挤压溢出，溢出的改性沥青宽度应在20mm左右，并应均匀顺直封闭卷材的端面。在搭接缝部位，应将相互搭接的卷材压薄，相互搭接卷材压薄后的总厚度不得超过单片卷材初始厚度的1.5倍。当接缝处的卷材有铝箔或矿物粒料时，应清除干净后再进行热熔和接缝处理。

（6）当采用热熔胶法铺设防水卷材时，应排除卷材下面的空气，并应辊压粘贴牢固。搭接部位的接缝应涂满热熔胶，且应辊压粘贴牢固。搭接缝口应采用热熔胶封严。

（7）铺设自粘性防水卷材时应先将底面的隔离纸完全撕净。

（8）卷材的储运、保管应符合《道桥用改性沥青防水卷材》JC/T 974—2005中的相应规定。

四、防水涂料施工

（1）防水涂料严禁在雨天、雪天、风力大于或等于5级时施工。聚合物改性沥青溶剂型防水涂料和聚氨酯防水涂料施工环境气温宜为−5～35℃；聚合物改性沥青水乳型防水涂料施工环境气温宜为5～35℃；聚合物改性沥青热熔型防水涂料施工环境气温不宜低于−10℃；聚合物水泥涂料施工环境气温宜为5～35℃。

（2）防水涂料配料时，不得混入已固化或结块的涂料。

（3）防水涂料宜多遍涂布。防水涂料应保障固化时间，待涂布的涂料干燥成膜后，方可涂布后一遍涂料。涂刷法施工防水涂料时，每遍涂刷的推进方向宜与前一遍相一致。涂层的厚度应均匀且表面应平整，其总厚度应达到设计要求并应符合规程的规定。

（4）涂料防水层的收头，应采用防水涂料多遍涂刷或采用密封材料封严。

（5）涂层间设置胎体增强材料的施工，宜边涂布边铺胎体。胎体应铺贴平整，排除气泡，并应与涂料粘结牢固。在胎体上涂布涂料时，应使涂料浸透胎体，覆盖完全，不得有胎体外露现象。

（6）涂料防水层内设置的胎体增强材料，应顺桥面行车方向铺贴。铺贴顺序应自最低处开始向高处铺贴并顺桥宽方向搭接，高处胎体增强材料应压在低处胎体增强材料之

上。沿胎体的长度方向搭接宽度不得小于70mm、沿胎体的宽度方向搭接宽度不得小于50mm，严禁沿道路宽度方向胎体搭接形成通缝。采用两层胎体增强材料时，上下层应顺桥面行车方向铺设，搭接缝应错开，其间距不应小于幅宽的1/3。

（7）防水涂料施工应先做好节点处理，然后再进行大面积涂布。转角及立面应按设计要求做细部增强处理，不得有削弱、断开、流淌和堆积现象。

（8）道桥用聚氨酯类涂料应按配合比准确计量、混合均匀，已配成的多组分涂料应及时使用，严禁使用过期材料。

（9）防水涂料的储运、保管应符合《道桥用防水涂料》JC/T 975—2005中的相应规定。

五、其他相关要求

（1）防水层铺设完毕后，在铺设桥面沥青混凝土之前严禁车辆在其上行驶和人员踩踏，并应对防水层进行保护，防止潮湿和污染。

（2）涂料防水层在未采取保护措施的情况下，不得在防水层上进行其他施工作业或直接堆放物品。

（3）防水层上沥青混凝土的摊铺温度应与防水层材料的耐热度相匹配。卷材防水层上沥青混凝土的摊铺温度应高于防水卷材的耐热度10～20℃，但同时应小于170℃；涂料防水层上沥青混凝土的摊铺温度应低于防水涂料的耐热度10～20℃。

（4）当沥青混凝土的摊铺温度有特殊需求时，防水层应另行设计。

六、桥面防水质量验收

（一）一般规定

（1）桥面防水施工应符合设计文件的要求。

（2）从事防水施工验收检验工作的人员应具备规定的资格。

（3）防水施工验收应在施工单位自行检查评定的基础上进行。

（4）施工验收应按施工顺序分阶段验收。

（5）检测单元应符合下列要求：

1）选用同一型号规格防水材料、采用同一种方式施工的桥面防水层且小于或等于10000m² 为一检验单元。

2）对选用同一型号规格防水材料、采用同一种方式施工的桥面，当一次连续浇筑的桥面混凝土基层面积大于10000m² 时，以10000m² 为单位划分后，剩余的部分单独作为一个检测单元；当一次连续浇筑的桥面混凝土基层面积小于10000m² 时，以一次连续浇筑的桥面混凝土基层面积为一个检测单元。

3）每一检测单元各项目检测数量应按表1K412016的规定确定。

检测单元的检测数量　　表1K412016

防水等级 / 检测单元（m²）	Ⅰ	Ⅱ
1000	5	3
1000～5000	5～10	3～7
5000～10000	10～15	7～10

(二)混凝土基层

(1)混凝土基层检测主控项目是含水率、粗糙度、平整度。

(2)混凝土基层检测一般项目是外观质量，应符合下列要求：

1)表面应密实、平整。

2)蜂窝、麻面面积不得超过总面积的0.5%，并应进行修补。

3)裂缝宽度不大于设计规范的有关规定。

4)表面应清洁、干燥，局部潮湿面积不得超过总面积的0.1%，并应进行烘干处理。

(三)防水层

(1)防水层检测应包括材料到场后的抽样检测和施工现场检测。

(2)防水层材料到场后应按材料的产品标准进行抽样检测。

(3)防水层施工现场检测主控项目为粘结强度和涂料厚度。

(4)防水层施工现场检测一般项目为外观质量。

1)卷材防水层的外观质量要求：

①基层处理剂：涂刷均匀，漏刷面积不得超过总面积的0.1%，并应补刷。

②防水层不得有空鼓、翘边、油迹、皱褶。

③防水层和雨水口、伸缩缝、缘石衔接处应密封。

④搭接缝部位应有宽为20mm左右溢出热熔的改性沥青痕迹，且相互搭接卷材压薄后的总厚度不得超过单片卷材初始厚度的1.5倍。

2)涂料防水层的外观质量要求：

①涂刷均匀，漏刷面积不得超过总面积的0.1%，并应补刷。

②不得有气泡、空鼓和翘边。

③防水层和雨水口、伸缩缝、缘石衔接处应密封。

3)特大桥、桥梁坡度大于3%等对防水层有特殊要求的桥梁可选择进行防水层与沥青混凝土层粘结强度、抗剪强度检测。

(四)沥青混凝土面层

在沥青混凝土摊铺之前，应对到场的沥青混凝土温度进行检测。

摊铺温度应高于卷材防水层的耐热度10～20℃，低于170℃；应低于防水涂料的耐热度10～20℃。

1K412017 桥梁支座、伸缩装置安装技术

一、桥梁支座安装技术

(一)桥梁支座的作用

桥梁支座是连接桥梁上部结构和下部结构的重要结构部件，位于桥梁和垫石之间，它能将桥梁上部结构承受的荷载和变形(位移和转角)可靠地传递给桥梁下部结构，是桥梁的重要传力装置。

桥梁支座的功能要求：首先支座必须具有足够的承载能力，以保证可靠地传递支座反力(竖向力和水平力)；其次支座对桥梁变形的约束尽可能的小，以适应梁体自由伸缩和转动的需要；另外支座还应便于安装、养护和维修，并在必要时可以进行更换。

（二）桥梁支座的分类

（1）按支座变形可能性分类：固定支座、单向活动支座、多向活动支座。

（2）按支座所用材料分类：钢支座、聚四氟乙烯支座（滑动支座）、橡胶支座（板式、盆式）等。

（3）按支座的结构形式分类：弧形支座、摇轴支座、辊轴支座、橡胶支座、球形钢支座、拉压支座等。

桥梁可按其跨径、结构形式、反力力值、支承处的位移及转角变形值选取不同的支座。城市桥梁中常用的支座主要为板式橡胶支座和盆式支座等。

（三）常用桥梁支座施工

（1）支座施工一般规定：

1）当实际支座安装温度与设计要求不同时，应通过计算设置支座顺桥方向的预偏量。

2）支座安装平面位置和顶面高程必须正确，不得偏斜、脱空、不均匀受力。

3）支座滑动面上的聚四氟乙烯滑板和不锈钢板位置应正确，不得有划痕、碰伤。

4）活动支座安装前应采用丙酮或酒精解体清洗其各相对滑移面，擦净后在聚四氟乙烯板顶面凹槽内满注硅脂。重新组装时应保持精度。

5）墩台帽、盖梁上的支座垫石和挡块宜二次浇筑，确保其高程和位置的准确。垫石混凝土的强度必须符合设计要求。

（2）板式橡胶支座：

1）支座安装前应将垫石顶面清理干净，采用干硬性水泥砂浆抹平，顶面标高应符合设计要求。

2）梁、板安放时应位置准确，且与支座密贴。如就位不准或与支座不密贴时，必须重新起吊，采取垫钢板等措施，并应使支座位置控制在允许偏差内，不得用撬棍移动梁、板。

（3）盆式橡胶支座：

1）现浇梁盆式支座安装：

① 支座安装前检查支座连接状况是否正常，不得松动上下钢板连接螺栓。

② 支座就位部位的垫石凿毛，清除预留锚栓孔中的杂物和积水，安装灌浆用模板，检查支座中心位置及标高后，采用重力方式灌浆。

③ 灌浆材料终凝后，拆除模板，检查是否有漏浆，待箱梁浇筑完混凝土后，及时拆除各支座的上下钢板连接螺栓。

2）预制梁盆式支座安装：

① 预制梁在生产过程中按照设计位置预先将支座上钢板预埋至梁体内。

② 在施工现场吊装前，将支座固定在预埋钢板上并用螺栓拧紧。

③ 预制梁缓慢吊起，将支座下锚杆对准盖梁上预留孔，缓慢地落梁至临时支撑上，安装支座的同时，盖梁上安装支座灌浆模板，进行支座灌浆作业。

④ 支座安装结束，检查是否有漏浆处，并拆除各支座上、下连接钢板及螺栓。

（4）支座安装后，支座与墩台顶钢垫板间应密贴。

（四）支座施工质量检验标准

（1）主控项目：

1）支座应进行进场检验。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查合格证、出厂性能试验报告。

2）支座安装前，应检查跨距、支座栓孔位置和支座垫石顶面高程、平整度、坡度、坡向，确认符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：用经纬仪、水准仪与钢尺量测。

3）支座与梁底及垫石之间必须密贴，间隙不得大于 0.3mm。垫石材料和强度应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用塞尺检查、检查垫层材料产品合格证。

4）支座锚栓的埋置深度和外露长度应符合设计要求。支座锚栓应在其位置调整准确后固结，锚栓与孔之间隙必须填捣密实。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察。

5）支座的粘结灌浆和润滑材料应符合设计要求。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查粘结灌浆材料的配合比通知单、检查润滑材料的产品合格证、进场验收记录。

（2）一般项目：

支座安装允许偏差应符合表 1K412017 的规定。

支座安装允许偏差　　表 1K412017

项　目	允许偏差（mm）	检验频率		检验方法
		范围	点数	
支座高程	±5	每个支座	1	用水准仪测量
支座偏位	3		2	用经纬仪测量、钢尺量

二、伸缩装置安装技术

为满足桥面变形的要求，通常在两梁端之间、梁端与桥台之间或桥梁的铰接位置上设置伸缩装置。桥梁伸缩缝的作用在于调节由车辆荷载和桥梁建筑材料引起的上部结构之间的位移和联结。桥面伸缩装置，应满足梁端自由伸缩、转角变形及使车辆平稳通过的要求。要能防止雨水和垃圾泥土渗入阻塞；安装、检查、养护、消除污物都要简易方便。在设置伸缩缝处，栏杆与桥面铺装都要断开。

桥梁伸缩装置按传力方式和构造特点可分为：对接式、钢制支承式、组合剪切式（板式）、模数支承式以及弹性装置。

（一）伸缩装置的性能要求

（1）伸缩装置应能够适应、满足桥梁纵、横、竖三向的变形要求，当桥梁变形使伸缩装置产生显著的横向错位和竖向错位时，要确定伸缩装置的平面转角要求和竖向转角要

求，并进行变形性能检测。

（2）伸缩装置应具有可靠的防水、排水系统，防水性能应符合注满水 24h 无渗漏的要求。

（二）伸缩装置运输与储存

（1）伸缩装置运输中避免阳光直晒，防止雨淋雪浸，保持清洁，防止变形，且不能与其他有害物质相接触，注意防火。

（2）伸缩装置不得露天堆放，存放场所应干燥通风，产品应远离热源 1m 以外，不得与地面直接接触，存放应整齐、保持清洁，严禁与酸、碱、油类、有机溶剂等相接触。

（三）伸缩装置施工安装

（1）施工安装前按照设计图纸提供的尺寸，核对梁、板端部及桥台处安装伸缩装置的预留槽尺寸，并检查核对梁、板与桥台间的预埋锚固钢筋的规格、数量及位置。

（2）伸缩装置上桥安装前，按照安装时的气温调整安装时的定位值，并应由安装负责人检查签字后方可用专用卡具将其固定。

（3）伸缩装置吊装就位前，将预留槽内混凝土凿毛并清扫干净，吊装时应按照厂家标明的吊点位置起吊，必要时做适当加强。

（4）安装时，应保证伸缩装置中心线与桥梁中心线重合，伸缩装置顺桥向应对称放置于伸缩缝的间隙上，然后沿桥面横坡方向测量水平标高，并用水平尺或板尺定位，使其顶面标高与设计及规范要求相吻合后垫平。随即将伸缩装置的锚固钢筋与桥梁预埋钢筋焊接牢固。

（5）浇筑混凝土前，应彻底清扫预留槽，并用泡沫塑料将伸缩缝间隙处填塞，然后安装必要的模板。混凝土强度等级应满足设计及规范要求，浇筑时要振捣密实。

（6）伸缩装置两侧预留槽混凝土强度在未满足设计要求前不得开放交通。

1K412018 桥梁维护与改造施工技术

随着我国经济的快速发展，近些年城市化进程逐年加大，城市桥梁的维护与改造施工是今后发展的必然趋势。早期修建的城市桥梁或者因为长期使用导致服务性能下降而面临大修，或者因为沿线交通量快速增长而急需拓宽扩建。对于道路维护与改（扩）建工程的桥梁拓宽，为了保证设计的质量和提高工作效率，必须在道路维护与改（扩）建的技术标准和总体方案基础上，对桥梁维护与拓宽的结构和构造进行研究。

一、桥梁维护施工技术

（一）一般规定

（1）城市桥梁的维护与改造执行《城市桥梁养护技术标准》CJJ 99—2017、《城市桥梁结构加固技术规程》CJJ/T 239—2016 及其他适用的施工技术规范，应包括城市桥梁及其附属设施的检测评估、维护与改造工程及建立档案资料。

（2）城市桥梁应根据养护类别、养护等级和技术状况级别进行养护。

（3）城市桥梁的养护工程宜分为保养小修；中修工程；大修工程；加固工程、改扩建工程：

1）保养、小修：对管辖范围内的城市桥梁进行日常维护和小修作业。

2）中修工程：对城市桥梁的一般性损坏进行修理，恢复城市桥梁原有的技术水平和

标准的工程。

3）大修工程：对城市桥梁的较大的损坏进行综合治理，全面恢复到原有技术水平和标准的工程及对桥梁结构维修改造的工程。

4）加固工程：对桥梁结构采取补强、修复、调整内力等措施，从而满足结构承载力及设计要求的工程。

5）改扩建工程：城市桥梁因不适应现有的交通量、载重量增长的需要，需提高技术等级标准，显著提高其运行能力的工程；以及桥梁结构严重损坏，需恢复技术等级标准，拆除重建的工程。

（二）常见的维护加固技术

在《城市桥梁结构加固技术规程》CJJ/T 239—2016 中给出了增大截面加固法、粘贴钢板加固法、粘贴纤维带加固法、预应力加固法、改变结构体系加固法、增加横向整体性加固法等桥梁结构加固技术。

二、桥梁改造施工技术

（一）桥梁改造设计施工要求

影响桥梁改扩建的制约因素很多，从整体上看，桥梁改造的拼接要求和受制约的条件主要有：桥梁扩建期间不允许因桥梁的施工而中断交通，至少要保持单幅双向（单车道）通行；桥梁拼接之后必须形成一座整体桥梁，保证原结构与新建结构之间的变形协调和共同受力；桥梁扩建必须与路基、路面拼接、互通、附属设施改造同步完成，不能滞后，保证总工期目标的实现。因此，在进行桥梁改扩建设计施工时应注意以下要求：

（1）桥梁改建时应充分考虑原桥的技术状况，沿线的地质条件，合理的横向连接方式，新、旧桥梁结构的变形协调，新、旧结构合理的控制拼接时间以及在不中断原桥交通的条件下合理的新桥施工方法等。

（2）采用改扩建后的荷载标准对原有桥梁进行结构验算的主要结论（可行性与安全性能方面）；新建桥梁与原有桥梁连接（含原有桥梁之间的相互连接）方案的比选与论证；原有桥梁维修加固方案的比选与论证。

（3）为了便于新、旧桥梁的拼接，扩建桥梁与相应的原桥孔径相同或相近，但对于斜交跨越等级航道或等级道路的连续梁桥，受桥下通行净空的限制，拓宽桥梁的孔径应进行方案的详细研究后确定。

（4）考虑到扩建后拓宽桥梁因桥面横坡延续对桥下净空的影响，在维持等级航道和等级道路通行净空标准不变的前提下，对于拼宽部分上部结构为T梁或箱梁的应采取降低通行孔上部结构建筑高度的措施予以保证；对于拼宽部分上部结构为板梁的应采取降低桥下道路标高等措施解决。

（5）病害严重经加固能利用却不易拼接或拼接难度大且在技术上又较难克服的特大桥不做横向拼接，采用线位分离方案建新桥。

（6）桥梁拓宽的上部结构形式应与旧桥上部结构形式相同或相近，这样可以保持上部结构受力的一致性；保证新、旧桥梁上部结构的受力和温度作用变形协调。

（7）下部结构形式也应与旧桥下部结构形式协调一致。基本采用桩柱式桥墩；新、旧桥台也应采用匹配一致的桥台形式。

（8）新、旧桥基础沉降差应控制在计算值允许偏差范围以内，新拓宽桥梁基础宜采用

桩基础形式。

（二）桥梁改建方案

目前城市桥梁改建加宽按位置可分为单侧加宽和双侧加宽两种方案，按上部结构与下部结构的连接处理方式主要有以下三种方案：新、旧桥梁的上部结构与下部结构互不连接；新、旧桥梁的上部结构和下部结构相互连接；新、旧桥梁的上部结构连接而下部结构分离。

（1）新、旧桥梁的上部结构与下部结构互不连接方式：桥梁加宽部分与原桥的上部结构及下部结构互不连接，新、旧结构之间留工作缝，桥面沥青混凝土铺装层采用连续铺装。

优点：旧桥混凝土收缩和徐变已绝大部分完成，桥梁基础的沉降也大部分完成或处于稳定状态，而新桥混凝土收缩、徐变以及基础沉降都处于发展期，如果新、旧桥梁的上部结构与下部结构互不连接，则新、旧桥结构实际上是各自受力、互不影响；而新拓宽桥梁的设计、施工也较为独立、简单。为确保桥梁拓宽后桥面完整，需要采取在新、旧桥上部结构相接处设置工作缝，桥面沥青混凝土铺装层连续摊铺的措施。

缺点：汽车荷载作用下两桥主梁产生不均匀挠度以及加宽新桥的后期沉降大于原桥。可能导致连接部位桥面铺装破坏，形成纵向裂缝和横向错台，影响行车舒适性、安全性和桥面外观，增加后期的养护维修费用。

在具体构造方面，主要采用两种处理形式：一种是用纵向伸缩装置连接；另一种是在新、旧结构间留一条纵缝，或用钢板包边（需要采用刚性路面，可以解决啃边问题，但不能解决新、旧桥挠度差的问题，且高速行车时容易打滑，降低了行车的安全性；一般要求桥梁结构跨径较小，相对挠度差较小，否则桥面容易开裂）。

（2）新、旧桥梁的上部结构和下部结构相互连接方式：为使加宽桥与原桥形成完整的整体，减少各种荷载（包括基础不均匀沉降、汽车荷载、温度荷载等）作用下新、旧桥连接处产生过大的变形，减少桥梁上、下结构某些部位的内力，将加宽桥梁的上部构造与原桥对应部位沿横向通过植筋、加设钢筋骨架，然后浇筑湿接缝连接起来；同时新拓宽桥梁下部结构（墩台）中的帽梁及系梁也通过植筋技术及加设钢筋骨架、浇筑混凝土连接件与旧桥下部结构形成整体结构。

优点：将加宽桥、原桥连成整体，拼接后桥梁整体性较好。

主要缺点：加宽桥基础沉降大于老桥基础沉降，由此产生的附加内力较大，可能会使下部构造帽梁、系梁、桥台连接处产生裂缝；上部构造连接处也可能产生裂缝，导致使用功能下降，维修困难，外观不雅。此外，下部构造需采用植筋连接技术，工程成本高。

该连接方案有一定的适用条件，需要采用相应技术措施。采取的技术措施有：

1）加强新拓宽桥梁基础，减少新、旧桥梁基础的不均匀沉降差。旧桥为扩大基础的，新桥同类型基础下土层较薄、岩层埋深较浅时，采用换填或直接将基础置于岩层上的方案，当基底土层较厚，岩层埋置较深，基础条件不好时，虽然地基允许承载力满足要求，但应采取加强措施，例如加大基础成整体筏式基础、粉喷桩、碎石桩处理地基等。

2）为尽量减小新、旧桥梁的基础沉降差及尽量缩短施工工期，控制新拓宽桥梁预制梁（板）的安装龄期，先施工拓宽部分桥梁的基础、墩台身及台帽（盖梁）并安装部分预制梁（板），封闭道路交通后再进行下部结构拼接。

3）新拓宽桥梁的梁（板）安装至桥上后宜放置一段时间，再与旧桥上部结构拼接。新、旧桥梁上、下部结构相互连接的方式适宜于桥梁基础较好的条件，否则必须进行基础

加固。另外这种方式也可用于独柱墩的梁桥拓宽，以使下部结构的稳定性增强。

（3）新、旧桥梁的上部结构连接而下部结构分离方式：考虑上述两种连接方式的优缺点，一般情况下，将加宽桥与原桥上部构造横向相互连接而下部构造不连接，形成第三种横向拼接形式。

优点：下部构造不连接，加宽桥梁与旧桥在下部结构之间没有结构上的相互影响，上部构造连接对下部构造产生的内力影响很小。另外上部结构连接可以满足桥面铺装的整体化需求，并且新桥上部结构还可以协助旧桥上部结构工作。与新、旧桥梁上、下部结构采用相互连接方式相比，可以减少混凝土结构连接施工的工程量，加快进度；与新、旧桥梁上、下部结构采用互不连接方式相比，也可以提高城市桥梁工程的适用性和耐久性要求。

缺点：上部构造连接后由于新、旧桥梁材料特性的差异将产生附加内力，由基础沉降等原因产生的附加内力也使连接部位内力增大。这种新、旧桥梁连接的方式仍要注意新、旧桥梁基础之间沉降差的影响，若沉降差较大依然会在整体上部结构中产生横桥向的较大拉应力，进而导致上部结构混凝土开裂和桥面铺装开裂。

加宽桥应尽可能采用桩基，并通过加强地基处理、增加桩长或桩径等措施尽可能减小基础沉降。施工中严格控制桩基施工时的沉淀层厚度，减少钻孔灌注桩的沉降；尽可能推迟湿接缝混凝土浇筑施工，以使新桥桩基的大部分沉降能在新、旧桥上部结构拼接前完成等。原桥采用扩大基础时要注意新、旧基础间的协调性，必要时对原有基础进行加固。另外针对上部结构自身产生的较大附加内力，可通过连接部位增大配筋并改善连接构造形式来解决。

（三）新、旧桥梁上部结构拼接的构造要求

刚性连接和铰接连接是新、旧桥梁上部结构拼接的两种连接方式。在新、旧桥梁上部结构拼接处采用哪一种连接，最重要的问题是在全部作用效应组合下，连接部位混凝土不得开裂。根据桥梁形式的不同，分别为板桥、梁桥及箱梁桥选择合理的上部结构横向拼接形式，即拓宽部分主梁截面及横向布置合理性研究。横向拼接构造的选用受许多因素的影响，如原有桥梁的承载力和耐久性评价结果、基础沉降规律、上部构造的变形协调要求、桥梁荷载的影响以及施工难易程度等。综合考虑这些因素，依据桥梁的类型决定新、旧桥梁的拼接结构。根据桥梁上部结构不同类型一般采用以下的拼接连接方式：

（1）钢筋混凝土实心板和预应力混凝土空心板桥，新、旧板梁之间的拼接宜采用铰接或近似于铰接连接。

（2）预应力混凝土 T 梁或组合 T 梁桥，新、旧 T 梁之间的拼接宜采用刚性连接。

（3）连续箱梁桥，新、旧箱梁之间的拼接宜采用铰接连接。

1K412020 城市桥梁下部结构施工

1K412021 各类围堰施工要求

一、围堰施工的一般规定

（1）围堰高度应高出施工期间可能出现的最高水位（包括浪高）0.5～0.7m。

（2）围堰应减少对现状河道通航、导流的影响。对河流断面被围堰压缩而引起的冲刷，应有防护措施（包括河岸与堰外边坡）。

（3）堰内平面尺寸应满足基础施工的需要。

（4）围堰应防水严密，不得渗漏。

（5）围堰应便于施工、维护及拆除。围堰材质不得对现况河道水质产生污染。

二、各类围堰适用范围

各类围堰适用范围见表 1K412021。

围堰类型及适用条件　　表 1K412021

围堰类型		适用条件
土石围堰	土围堰	水深≤ 1.5m，流速≤ 0.5m/s，河边浅滩，河床渗水性较小
	土袋围堰	水深≤ 3.0m，流速≤ 1.5m/s，河床渗水性较小，或淤泥较浅
	木桩竹条土围堰	水深 1.5～7m，流速≤ 2.0m/s，河床渗水性较小，能打桩，盛产竹木地区
	竹篱土围堰	水深 1.5～7m，流速≤ 2.0m/s，河床渗水性较小，能打桩，盛产竹木地区
	竹、铁丝笼围堰	水深 4m 以内，河床难以打桩，流速较大
	堆石土围堰	河床渗水性很小，流速≤ 3.0m/s，石块能就地取材
板桩围堰	钢板桩围堰	深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等坚硬河床。防水性能好，整体刚度较强
	钢筋混凝土板桩围堰	深水或深基坑，流速较大的砂类土、黏性土、碎石土河床。除用于挡水防水外还可作为基础结构的一部分，亦可采取拔除周转使用，能节约大量木材
套箱围堰		流速≤ 2.0m/s，覆盖层较薄，平坦的岩石河床，埋置不深的水中基础，也可用于修建桩基承台
双壁围堰		大型河流的深水基础，覆盖层较薄、平坦的岩石河床

三、土围堰施工要求

（1）筑堰材料宜用黏性土、粉质黏土或砂质黏土。填出水面之后应进行夯实。填土应自上游开始至下游合龙。

（2）筑堰前，必须将筑堰部位河床之上的杂物、石块及树根等清除干净。

（3）堰顶宽度可为 1～2m。机械挖基时不宜小于 3m。堰外边坡迎水流一侧坡度宜为 1：2～1：3，背水流一侧可在 1：2 之内。堰内边坡宜为 1：1～1：1.5。内坡脚与基坑边的距离不得小于 1m。

四、土袋堰施工要求

（1）围堰两侧用草袋、麻袋、玻璃纤维袋或无纺布袋装土堆码。袋中宜装不渗水的黏性土，装土量为土袋容量的 1/2～2/3。袋口应缝合。堰外边坡为 1：0.5～1：1，堰内边坡为 1：0.2～1：0.5。围堰中心部分可填筑黏土及黏性土芯墙。

（2）堆码土袋，应自上游开始至下游合龙。上下层和内外层的土袋均应相互错缝，尽量堆码密实、平稳。

（3）筑堰前，堰底河床的处理、内坡脚与基坑的距离、堰顶宽度与土围堰要求相同。

五、钢板桩围堰施工要求

（1）有大漂石及坚硬岩石的河床不宜使用钢板桩围堰。

（2）钢板桩的机械性能和尺寸应符合规定要求。

（3）施打钢板桩前，应在围堰上下游及两岸设测量观测点，控制围堰长、短边方向的施打定位。施打时，必须备有导向设备，以保证钢板桩的正确位置。

（4）施打前，应对钢板桩的锁口用止水材料捻缝，以防漏水。

（5）施打顺序一般从上游向下游合龙。

（6）钢板桩可用捶击、振动、射水等方法下沉，但在黏土中不宜使用射水下沉办法。

（7）经过整修或焊接后的钢板桩应用同类型的钢板桩进行锁口试验、检查。接长的钢板桩，其相邻两钢板桩的接头位置应上下错开。

（8）施打过程中，应随时检查桩的位置是否正确、桩身是否垂直，否则应立即纠正或拔出重打。

六、钢筋混凝土板桩围堰施工要求

（1）板桩断面应符合设计要求。板桩桩尖角度视土质坚硬程度而定。沉入砂砾层的板桩桩头，应增设加劲钢筋或钢板。

（2）钢筋混凝土板桩的制作，应用刚度较大的模板，榫口接缝应顺直、密合。如用中心射水下沉，板桩预制时，应留射水通道。

（3）目前钢筋混凝土板桩中，空心板桩较多。空心多为圆形，用钢管作芯模。板桩的榫口一般圆形的较好。桩尖一般斜度为1：2.5～1：1.5。

七、套箱围堰施工要求

（1）无底套箱用木板、钢板或钢丝网水泥制作，内设木、钢支撑。套箱可制成整体式或装配式。

（2）制作中应防止套箱接缝漏水。

（3）下沉套箱前，同样应清理河床。若套箱设置在岩层上时，应整平岩面。当岩面有坡度时，套箱底的倾斜度应与岩面相同，以增加稳定性并减少渗漏。

八、双壁钢围堰施工要求

（1）双壁钢围堰应作专门设计，其承载力、刚度、稳定性、锚锭系统及使用期等应满足施工要求。

（2）双壁钢围堰应按设计要求在工厂制作，其分节分块的大小应按工地吊装、移运能力确定。

（3）双壁钢围堰各节、块拼焊时，应按预先安排的顺序对称进行。拼焊后应进行焊接质量检验及水密性试验。

（4）钢围堰浮运定位时，应对浮运、就位和灌水着床时的稳定性进行验算。尽量安排在能保证浮运顺利进行的低水位或水流平稳时进行，宜在白昼无风或小风时浮运。在水深或水急处浮运时，可在围堰两侧设导向船。围堰下沉前初步锚锭于墩位上游处。在浮运、下沉过程中，围堰露出水面的高度不应小于1 m。

（5）就位前应对所有缆绳、锚链、锚锭和导向设备进行检查调整，以使围堰落床工作顺利进行，并注意水位涨落对锚锭的影响。

（6）锚锭体系的锚绳规格、长度应相差不大。锚绳受力应均匀。边锚的预拉力要适当，避免导向船和钢围堰摆动过大或折断锚绳。

（7）准确定位后，应向堰体壁腔内迅速、对称、均衡的灌水，使围堰落床。

（8）落床后应随时观测水域内流速增大导致的河床局部冲刷，必要时可在冲刷段用卵石、碎石垫填整平，以改变河床上的粒径，减小冲刷深度，增加围堰稳定性。

（9）钢围堰着床后，应加强对冲刷和偏斜情况的检查，发现问题及时调整。

(10)钢围堰浇筑水下封底混凝土之前，应按照设计要求进行清基，并由潜水员逐片检查合格后方可封底。

(11)钢围堰着床后的允许偏差应符合设计要求。当作为承台模板用时，其误差应符合模板的施工要求。

1K412022 桩基础施工方法与设备选择

城市桥梁工程常用的桩基础通常可分为沉入桩基础和灌注桩基础，按成桩施工方法又可分为：沉入桩、钻孔灌注桩、人工挖孔桩。

一、沉入桩基础

常用的沉入桩有钢筋混凝土桩、预应力混凝土桩和钢管桩。

(一)沉桩方式及设备选择

(1)锤击沉桩宜用于砂类土、黏性土。桩锤的选用应根据地质条件、桩型、桩的密集程度、单桩竖向承载力及现有施工条件等因素确定。

(2)振动沉桩宜用于锤击沉桩效果较差的密实的黏性土、砾石、风化岩。

(3)在密实的砂土、碎石土、砂砾的土层中用锤击法、振动沉桩法有困难时，可采用射水作为辅助手段进行沉桩施工。在黏性土中应慎用射水沉桩；在重要建筑物附近不宜采用射水沉桩。

(4)静力压桩宜用于软黏土(标准贯入度 $N<20$)、淤泥质土。

(5)钻孔埋桩宜用于黏土、砂土、碎石土且河床覆土较厚的情况。

(二)准备工作

(1)沉桩前应掌握工程地质钻探资料、水文资料和打桩资料。

(2)沉桩前必须处理地上(下)障碍物，平整场地，并应满足沉桩所需的地面承载力。

(3)应根据现场环境状况采取降噪声措施；城区、居民区等人员密集的场所不得进行沉桩施工。

(4)对地质复杂的大桥、特大桥，为检验桩的承载能力和确定沉桩工艺应进行试桩。

(5)贯入度应通过试桩或做沉桩试验后会同监理及设计单位研究确定。

(6)用于地下水有侵蚀性的地区或腐蚀性土层的钢桩应按照设计要求做好防腐处理。

(三)施工技术要点

(1)预制桩的接桩可采用焊接、法兰连接或机械连接，接桩材料工艺应符合规范要求。

(2)沉桩时，桩帽或送桩帽与桩周围间隙应为5～10mm；桩锤、桩帽或送桩帽应和桩身在同一中心线上；桩身垂直度偏差不得超过0.5%。

(3)沉桩顺序：对于密集桩群，自中间向两个方向或四周对称施打；根据基础的设计标高，宜先深后浅；根据桩的规格，宜先大后小，先长后短。

(4)施工中若锤击有困难时，可在管内助沉。

(5)桩终止锤击的控制应视桩端土质而定，一般情况下以控制桩端设计标高为主，贯入度为辅。

(6)沉桩过程中应加强邻近建筑物、地下管线等的观测、监护。

(7)在沉桩过程中发现以下情况应暂停施工，并应采取措施进行处理：

1)贯入度发生剧变。

2）桩身发生突然倾斜、位移或有严重回弹。

3）桩头或桩身破坏。

4）地面隆起。

5）桩身上浮。

二、钻孔灌注桩基础

（一）准备工作

（1）施工前应掌握工程地质资料、水文地质资料，具备所用各种原材料及制品的质量检验报告。

（2）施工时应按有关规定，制定安全生产、保护环境等措施。

（3）灌注桩施工应有齐全、有效的施工记录。

（二）成孔方式与设备选择

依据成桩方式可分为泥浆护壁成孔、干作业成孔、沉管成孔灌注桩及爆破成孔，施工机具类型及土质适用条件可参考表1K412022。

成桩方式与适用条件　　表1K412022

序号	成桩方式与设备		适用土质条件
1	泥浆护壁成孔桩	正循环回转钻	黏性土、粉砂、细砂、中砂、粗砂，含少量砾石、卵石（含量少于20%）的土、软岩
		反循环回转钻	黏性土、砂类土、含少量砾石、卵石（含量少于20%，粒径小于钻杆内径2/3）的土
		冲击钻	黏性土、粉土、砂土、填土、碎石土及风化岩层
		旋挖钻	黏性土、粉土、砂土、填土、碎石土及风化岩层
		潜水钻	黏性土、淤泥、淤泥质土及砂土
2	干作业成孔桩	冲抓钻①	黏性土、粉土、砂、填土、碎石、风化岩
		长螺旋钻孔	地下水位以上的黏性土、砂土及人工填土非密实的碎石类土、强风化岩
		钻孔扩底	地下水位以上的坚硬、硬塑的黏性土及中密以上的砂土风化岩层
		人工挖孔	地下水位以上的黏性土、黄土及人工填土
3	沉管成孔桩	夯扩	桩端持力层为埋深不超过20m的中、低压缩性黏性土、粉土、砂土和碎石类土
		振动	黏性土、粉土和砂土
4	爆破成孔		地下水位以上的黏性土、黄土碎石土及风化岩

①当用于深孔时，需用泥浆护壁，成为湿作业；全套管钻机为干孔作业。

（三）泥浆护壁成孔

1. 泥浆制备与护筒埋设

（1）泥浆制备根据施工机具、工艺及穿越土层情况进行配合比设计，宜选用高塑性黏土或膨润土。

（2）护筒埋设深度应符合有关规定。护筒顶面宜高出施工水位或地下水位2m，并宜高出施工地面0.3m。其高度尚应满足孔内泥浆面高度的要求。

（3）灌注混凝土前，清孔后的泥浆相对密度应小于1.10；含砂率不得大于2%；黏度不得大于20Pa·s。

（4）现场应设置泥浆池和泥浆收集设施，泥浆宜在循环处理后重复使用，减小排放量，对重要工程的钻孔桩施工，宜采用泥沙分离器进行泥浆的循环。

（5）施工完成后废弃的泥浆应采取先集中沉淀再处理的措施，严禁随意排放污染环境。

2．正、反循环钻孔

（1）泥浆护壁成孔时根据泥浆补给情况控制钻进速度；保持钻机稳定。

（2）钻进过程中如发生斜孔、塌孔和护筒周围冒浆、失稳等现象时，应先停钻，待采取相应措施后再进行钻进。

（3）钻孔达到设计深度，灌注混凝土之前，孔底沉渣厚度应符合设计要求。设计未要求时端承型桩的沉渣厚度不应大于100mm；摩擦型桩的沉渣厚度不应大于300mm。

3．冲击钻成孔

（1）冲击钻开孔时，应低锤密击，反复冲击造壁，保持孔内泥浆面稳定。

（2）应采取有效的技术措施防止扰动孔壁、塌孔、扩孔、卡钻和掉钻及泥浆流失等事故。

（3）每钻进4～5m应验孔一次，在更换钻头前或容易缩孔处，均应验孔并应做记录。

（4）排渣过程中应及时补给泥浆。

（5）冲孔中遇到斜孔、梅花孔、塌孔等情况时，应采取措施后方可继续施工。

（6）稳定性差的孔壁应采用泥浆循环或抽渣筒排渣，清孔后灌注混凝土之前的泥浆指标符合要求。

4．旋挖成孔

（1）旋挖钻成孔灌注桩应根据不同的地层情况及地下水位埋深，采用不同的成孔工艺。

（2）泥浆制备的能力应大于钻孔时的泥浆需求量，每台套钻机的泥浆储备量不少于单桩体积。

（3）成孔前和每次提出钻斗时，应检查钻斗和钻杆连接销子、钻斗门连接销子以及钢丝绳的状况，并应清除钻斗上的渣土。

（4）旋挖钻机成孔应采用跳挖方式，并根据钻进速度同步补充泥浆，保持所需的泥浆面高度不变。

（5）孔底沉渣厚度控制指标符合要求。

（四）干作业成孔

1．长螺旋钻孔

（1）钻机定位后，应进行复检，钻头与桩位点偏差不得大于20mm；开孔时下钻速度应缓慢；钻进过程中，不宜反转或提升钻杆。

（2）在钻进过程中遇到卡钻、钻机摇晃、偏斜或发生异常声响时，应立即停钻，查明原因，采取相应措施后方可继续作业。

（3）钻至设计标高后，应先泵入混凝土并停顿10～20s，再缓慢提升钻杆。提钻速度应根据土层情况确定，并保证管内有一定高度的混凝土。

（4）混凝土压灌结束后，应立即将钢筋笼插至设计深度，并及时清除钻杆及泵（软）管内残留混凝土。

2．钻孔扩底

（1）钻杆应保持垂直稳固，位置准确，防止因钻杆晃动引起孔径扩大。

（2）钻孔扩底桩施工扩底孔部分虚土厚度应符合设计要求。

（3）灌注混凝土时，第一次应灌到扩底部位的顶面，随即振捣密实；灌注桩顶以下5m范围内混凝土时，应随灌注随振动，每次灌注高度不大于1.5m。

3．人工挖孔

（1）人工挖孔桩必须在保证施工安全前提下选用。存在下列条件之一的区域不得使用：

1）地下水丰富，软弱土层、流沙等不良地质条件的区域。

2）孔内空气污染物超标准。

3）机械成孔设备可以到达的区域。

（2）人工挖孔桩的孔径（不含孔壁）不得小于1.2m；挖孔深度不宜超过15m。

（3）孔口处应设置高出地面不小于300mm的护圈，并应设置临时排水沟；采用混凝土或钢筋混凝土支护孔壁技术，护壁的厚度、拉结钢筋、配筋、混凝土强度等级均应符合设计要求；井圈中心线与设计轴线的偏差不得大于20mm；上下节护壁混凝土的搭接长度不得小于50mm；每节护壁必须保证振捣密实，并应当日施工完毕；应根据土层渗水情况使用速凝剂；护壁模板的拆除应在灌注混凝土24h之后，强度大于5MPa时方可进行。

（4）挖孔达到设计深度后，应进行孔底处理。必须做到孔底表面无松渣。

（五）钢筋笼与灌注混凝土施工要点

（1）钢筋笼加工应符合设计要求。钢筋笼制作、运输和吊装过程中应采取适当的加固措施，防止变形。

（2）吊放钢筋笼入孔时，不得碰撞孔壁。安装钢筋骨架时，应将其吊挂在孔口的钢护筒上，或在孔口地面上设置扩大受力面积的装置进行吊挂。安装时应采取有效的定位措施，减小钢筋骨架中心与桩中心的偏位，使钢筋骨架的混凝土保护层满足要求。

（3）沉管灌注桩钢筋笼外径应比套管内径小60～80mm，用导管灌注水下混凝土的桩钢筋笼内径应比导管连接处的外径大100mm以上。

（4）灌注桩采用的水下灌注混凝土宜采用预拌混凝土，其骨料粒径不宜大于40mm。

（5）灌注桩各工序应连续施工，钢筋笼放入泥浆后4h内必须浇筑混凝土。

（6）桩顶混凝土浇筑完成后应高出设计标高0.5～1m，确保桩头浮浆层凿除后桩基面混凝土达到设计强度。

（7）当气温低于0℃以下时，浇筑混凝土应采取保温措施，浇筑时混凝土的温度不得低于5℃。当气温高于30℃时，应根据具体情况对混凝土采取缓凝措施。

（8）灌注桩的实际浇筑混凝土量不得小于计算体积；套管成孔的灌注桩任何一段平均直径与设计直径的比值不得小于1.0。

（六）水下混凝土灌注

（1）桩孔检验合格，吊装钢筋笼完毕后，安置导管浇筑混凝土。

（2）混凝土配合比应通过试验确定，须具备良好的和易性，坍落度宜为180～220mm。

（3）导管应符合下列要求：

1）导管内壁应光滑圆顺，直径宜为20～30cm，节长宜为2m。

2）导管不得漏水，使用前应试拼、试压，试压的压力宜为孔底静水压力的1.5倍。

3）导管轴线偏差不宜超过孔深的0.5%，且不宜大于10cm。

4）导管采用法兰盘接头宜加锥形活套；采用螺旋丝扣型接头时必须有防止松脱装置。

（4）使用的隔水球应有良好的隔水性能，并应保证顺利排出。

（5）开始灌注混凝土时，导管底部至孔底的距离宜为300～500mm；导管首次埋入混凝土灌注面以下不应少于1.0m；在灌注过程中，导管埋入混凝土深度宜为2～6m。

（6）灌注水下混凝土必须连续施工，中途停顿时间不宜大于30min，并应控制提拔导管速度，严禁将导管提出混凝土灌注面。灌注过程中的故障应记录备案。

【案例1K412022】

1. 背景

某市迎宾大桥工程采用沉入桩基础，承台平面尺寸为5m×30m，布置145根桩，为群桩形式：顺桥方向5行桩，桩中心距为0.8m，横桥方向29排，桩中心距1m；设计桩长15m，分两节预制，采用法兰盘等强度接头。由施工项目部经招标程序选择专业队伍分包沉桩作业，在施工组织设计编制和审批中出现了下列事项：

事件一：鉴于现场条件，预制桩节长度分为4种，其中72根上节长7m，下节长8m（带桩靴），另外73根上节长8m，下节长7m。

事件二：为了挤密桩间土，增加桩与土体的摩擦力，沉桩顺序定为四周向中心施打。

事件三：为防止桩顶或桩身出现裂缝、破碎，决定以贯入度为主控制。

2. 问题

（1）分述上述方案和做法是否符合规范的规定，若不符合，请说明。

（2）在沉桩过程中，遇到哪些情况应暂停沉桩并分析原因，采取有效措施？

（3）在沉桩过程中，如何妥善掌握控制桩端标高与贯入度的关系？

3. 参考答案

（1）1）预制桩节符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008规定。

2）沉桩顺序不符合规范规定，沉桩顺序应从中心向四周进行。

3）以贯入度为主控制不符合规范规定，沉桩时，一般情况下应以控制桩端设计标高为主。

（2）在沉桩过程中，若遇到贯入度剧变，桩身突然发生倾斜、位移或有严重回弹，桩顶或桩身出现严重裂缝、破碎等情况时，应暂停沉桩，分析原因，采取措施。

（3）首先明确沉桩时应视桩端土质而定，本工程应以控制桩端设计标高为主；当桩端标高等于设计标高，而贯入度较大时，应继续锤击，使贯入度接近控制贯入度，当贯入度已达到控制贯入度，而桩端标高未达到设计标高时，应在满足冲刷线下最小嵌固深度后继续锤击100mm左右（或30～50击），如无异常变化，即可停止；若桩端标高与设计值相差超过规定值，应与设计和监理单位研究决定。

1K412023 墩台、盖梁施工技术

墩台、盖梁施工涉及模板与支架、钢筋、混凝土、预应力混凝土的具体内容详见本书

1K412012 条、1K412013 条、1K412014 条和 1K412015 条。

一、现浇混凝土墩台、盖梁

（一）重力式混凝土墩台施工

（1）墩台混凝土浇筑前应对基础混凝土顶面做凿毛处理，清除锚筋污锈。

（2）墩台混凝土宜水平分层浇筑，每层高度宜为 1.5～2m。

（3）墩台混凝土分块浇筑时，接缝应与墩台截面尺寸较小的一边平行，邻层分块接缝应错开，接缝宜做成企口形。分块数量，墩台水平截面积在 $200m^2$ 内不得超过 2 块；在 $300m^2$ 以内不得超过 3 块。每块面积不得小于 $50m^2$。

（4）明挖基础上灌注墩台第一层混凝土时，要防止水分被基础吸收或基顶水分渗入混凝土而降低强度。

（5）大体积混凝土浇筑及质量控制，详见本书 1K420102 条。

（二）柱式墩台施工

（1）模板、支架稳定计算中应考虑风力影响。

（2）墩台柱与承台基础接触面应凿毛处理，清除钢筋污锈。浇筑墩台柱混凝土时，应铺同配合比的水泥砂浆一层。墩台柱的混凝土宜一次连续浇筑完成。

（3）柱身高度内有系梁连接时，系梁应与柱同步浇筑。V 形墩柱混凝土应对称浇筑。

（4）采用预制混凝土管做柱身外模时，预制管安装应符合下列要求：

1）基础面宜采用凹槽接头，凹槽深度不得小于 50mm。

2）上下管节安装就位后，应采用四根竖方木对称设置在管柱四周并绑扎牢固，防止撞击错位。

3）混凝土管柱外模应设斜撑，保证浇筑时的稳定。

4）管节接缝应采用水泥砂浆等材料密封。

（5）钢管混凝土墩柱应采用补偿收缩混凝土，一次连续浇筑完成。钢管的焊制与防腐应符合设计要求或相关规范规定。

（三）盖梁施工

（1）在城镇交通繁华路段施工盖梁时，宜采用整体组装模板、快装组合支架，以减少占路时间。

（2）盖梁为悬臂梁时，混凝土浇筑应从悬臂端开始；预应力钢筋混凝土盖梁拆除底模时间应符合设计要求；如设计无要求，孔道压浆强度应达到设计强度后，方可拆除底模板。

二、预制混凝土柱和盖梁安装

（一）预制柱安装

（1）基础杯口的混凝土强度必须达到设计要求，方可进行预制柱安装。杯口在安装前应校核长、宽、高，确认合格。杯口与预制件接触面均应凿毛处理，埋件应除锈并应校核位置，合格后方可安装。

（2）预制柱安装就位后应采用硬木楔或钢楔固定，并加斜撑保持柱体稳定，在确保稳定后方可摘去吊钩。

（3）安装后应及时浇筑杯口混凝土，待混凝土硬化后拆除硬楔，浇筑二次混凝土，待杯口混凝土达到设计强度 75% 后方可拆除斜撑。

（二）预制钢筋混凝土盖梁安装

（1）预制盖梁安装前，应对接头混凝土面凿毛处理，预埋件应除锈。

（2）在墩台柱上安装预制盖梁时，应对墩台柱进行固定和支撑，确保稳定。

（3）盖梁就位时，应检查轴线和各部尺寸，确认合格后方可固定，并浇筑接头混凝土。接头混凝土达到设计强度后，方可卸除临时固定设施。

三、重力式砌体墩台

（1）墩台砌筑前，应清理基础，保持洁净，并测量放线，设置线杆。

（2）墩台砌体应采用坐浆法分层砌筑，竖缝均应错开，不得贯通。

（3）砌筑墩台镶面石应从曲线部分或角部开始。

（4）桥墩分水体镶面石的抗压强度不得低于设计要求。

（5）砌筑的石料和混凝土预制块应清洗干净，保持湿润。

1K412030 城市桥梁上部结构施工

1K412031 装配式梁（板）施工技术

本条适用于装配式混凝土、钢－混凝土组合梁和预应力混凝土梁板桥构件的预制、移运、堆放和安装施工。

一、装配式梁（板）施工方案

（1）装配式梁（板）施工方案编制前，应对施工现场条件和拟定运输路线社会交通进行充分调研和评估。

（2）预制和吊装方案：

1）应按照设计要求，并结合现场条件确定梁板预制和吊运方案。

2）应依据施工组织进度和现场条件，选择构件厂（或基地）预制和施工现场预制。

3）依照吊装机具不同，梁板架设方法分为起重机架梁法、跨墩龙门吊架梁法和穿巷式架桥机架梁法；每种方法选择都应在充分调研和技术经济综合分析的基础上进行。

二、装配式梁（板）的预制、场内移运和存放

（一）构件预制

（1）构件预制场的布置应满足预制、移运、存放及架设安装的施工作业要求；场地应平整、坚实。预制场地应根据地基及气候条件，设置必要的排水设施，并应采取有效措施防止场地沉陷。砂石料场的地面宜进行硬化处理。

（2）预制台座的地基应具有足够的承载力。预制台座应采用适宜的材料和方式制作，且应保证其坚固、稳定、不沉陷；当用于预制后张预应力混凝土梁、板时，宜对台座两端及适当范围内的地基进行特殊加固处理。

（3）预制台座的间距应能满足施工作业要求；台座表面应光滑、平整，在2m长度上平整度的允许偏差应不超过2mm，且应保证底座或底模的挠度不大于2mm。

（4）对预应力混凝土梁、板，应根据设计单位提供的理论拱度值，结合施工的实际情况，正确预计梁体拱度的变化情况，在预制台座上按梁、板构件跨度设置相应的预拱度。当后张预应力混凝土梁预计的拱度值较大时，可考虑在预制台座上设置反拱。

（5）各种构件混凝土的浇筑除应符合本书1K412014条的规定外，尚应遵守如下规定：

1）腹板底部为扩大断面的 T 形梁，应先浇筑扩大部分并振实后，再浇筑其上部腹板。

2）U 形梁可上下一次浇筑或分两次浇筑。一次浇筑时，应先浇筑底板（同时腹板部位浇筑至底板承托顶面），待底板混凝土稍沉实后再浇筑腹板；分两次浇筑时，先浇筑底板至底板承托顶面，按施工缝处理后，再浇筑腹板混凝土。

3）采用平卧重叠法支立模板、浇筑构件混凝土时，下层构件顶面应设临时隔离层；上层构件须待下层构件混凝土强度达到 5.0MPa 后方可浇筑。

（6）对高宽比较大的预应力混凝土 T 形梁和 I 形梁，应对称、均衡地施加预应力，并应采取有效措施防止梁体产生侧向弯曲。

（二）构件的场内移运和存放

（1）构件在脱底模、移运、吊装时，混凝土的强度不得低于设计强度的 75%，后张预应力构件孔道压浆强度应符合设计要求或不低于设计强度的 75%。

（2）存放台座应坚固稳定，且宜高出地面 200mm 以上。存放场地应有相应的防水排水设施，并应保证梁、板等构件在存放期间不致因支点沉陷而受到损坏。

（3）梁、板构件存放时，其支点应符合设计规定的位置，支点处应采用垫木和其他适宜的材料支承，不得将构件直接支承在坚硬的存放台座上；存放时混凝土养护期未满的，应继续洒水养护。

（4）构件应按其安装的先后顺序编号存放，预应力混凝土梁、板的存放时间不宜超过 3 个月，特殊情况下不应超过 5 个月。

（5）当构件多层叠放时，层与层之间应以垫木隔开，各层垫木的位置应设在设计规定的支点处，上下层垫木应在同一条竖直线上；叠放高度宜按构件强度、台座地基承载力、垫木强度以及堆垛的稳定性等经计算确定。大型构件宜为 2 层，不应超过 3 层；小型构件宜为 6～10 层。

（6）雨期和春季融冻期间，应采取有效措施防止因地面软化下沉导致构件断裂及损坏。

三、装配式梁（板）的安装

（一）吊运方案

（1）吊运（吊装、运输）应编制专项方案，并按有关规定进行论证、批准。

（2）吊运方案应对各受力部分的设备、杆件进行验算，特别是吊车等机具安全性验算，起吊过程中构件内产生的应力验算必须符合要求。梁长 25m 以上的预应力简支梁应验算裸梁的稳定性。

（3）应按照起重吊装的有关规定，选择吊运工具、设备，确定吊车站位、运输路线与交通导行等具体措施。

（二）技术准备

（1）按照有关规定进行技术及安全交底。

（2）对操作人员进行培训和考核。

（3）测量放线，给出高程线、结构中心线、边线，并加以清晰地标识。

（三）构件的运输

（1）板式构件运输时，宜采用特制的固定架稳定构件。小型构件宜顺宽度方向侧立放

置，并应采取措施防止倾倒：如平放，在两端吊点处必须设置支搁方木。

（2）梁的运输应顺高度方向竖立放置，并应有防止倾倒的固定措施；装卸梁时，必须在支撑稳妥后，方可卸除吊钩。

（3）采用平板拖车或超长拖车运输大型构件时，车长应能满足支点间的距离要求，支点处应设活动转盘防止搓伤构件混凝土；运输道路应平整，如有坑洼而高低不平时，应事先处理平整。

（4）水上运输构件时，应有相应的封仓加固措施，并应根据天气状况安排装卸与运输作业时间，同时应满足水上（海上）作业的相关安全规定。

（四）简支梁、板安装

（1）安装构件前必须检查构件外形及其预埋件尺寸和位置，其偏差不应超过设计或规范允许值。

（2）装配式桥梁构件在脱底模、移运、堆放和吊装就位时，混凝土的强度不应低于设计要求的吊装强度，设计无要求时一般不应低于设计强度的75%。后张预应力混凝土构件吊装时，其孔道水泥浆的强度不应低于构件设计要求。如设计无要求时，不应低于30MPa。吊装前应验收合格。

（3）安装构件前，支承结构（墩台、盖梁等）的强度应符合设计要求，支承结构和预埋件的尺寸、标高及平面位置应符合设计要求且验收合格。桥梁支座的安装质量应符合要求，其规格、位置及标高应准确无误。墩台、盖梁、支座顶面清扫干净。

（4）采用架桥机进行安装作业时，其抗倾覆稳定系数应不小于1.3，架桥机过孔时，应将起重小车置于对稳定最有利的位置，且抗倾覆稳定系数应不小于1.5。

（5）梁、板安装施工期间及架桥机移动过孔时，严禁行人、车辆和船舶在作业区域的桥下通行。

（6）梁板就位后，应及时设置保险垛或支撑将构件临时固定，对横向自稳性较差的T形梁和I形梁等，应与先安装的构件进行可靠的横向连接，防止倾倒。

（7）安装在同一孔跨的梁、板，其预制施工的龄期差不宜超过10d。梁、板上有预留孔洞的，其中心应在同一轴线上，偏差应不大于4mm。梁、板之间的横向湿接缝，应在一孔梁、板全部安装完成后方可进行施工。

（8）对弯、坡、斜桥的梁、其安装的平面位置、高程及几何线形应符合设计要求。

（五）先简支后连续梁的安装

（1）临时支座顶面的相对高差不应大于2mm。

（2）施工程序应符合设计规定，应在一联梁全部安装完成后再浇筑湿接头混凝土。

（3）对湿接头处的梁端，应按施工缝的要求进行凿毛处理。永久支座应在设置湿接头底模之前安装。湿接头处的模板应具有足够的强度和刚度，与梁体的接触面应密贴并具有一定的搭接长度，各接缝应严密不漏浆。负弯矩区的预应力管道应连接平顺，与梁体预留管道的接合处应密封；预应力锚固区预留的张拉齿板应保证其外形尺寸准确且不被损坏。

（4）湿接头的混凝土宜在一天中气温相对较低的时段浇筑，且一联中的全部湿接头应一次浇筑完成。湿接头混凝土的养护时间应不少于14d。

（5）湿接头应按设计要求施加预应力、孔道压浆；浆体达到强度后应立即拆除临时支

座，按设计规定的程序完成体系转换。同一片梁的临时支座应同时拆除。

（6）仅为桥面连续的梁、板，应按设计要求进行施工。

【案例1K412031】

1. 背景

A公司中标承建一座城市高架桥，上部结构为30m预制T梁，采用先简支后连续的结构形式，共12跨，桥宽29.5m，为双幅式桥面。项目部在施工方案确定后，便立即开始了预制场的施工。因为处理T梁预制台座基础沉降影响了工程进度，为扭转工期紧迫的被动局面，项目部加快调度，但一度出现技术管理问题：如千斤顶张拉超200次未安排重新标定；T梁张拉后即把T梁吊移到存梁区压浆，以加快台座的周转率；被监理工程师要求停工整顿。

2. 问题

（1）预制场施工方案的编制、审批程序是什么？

（2）预制台座基础如何施工才能保证不发生沉降？

（3）千斤顶张拉超过200次，但钢绞线的实际伸长量满足规范要求，即±6%以内，千斤顶是否可以不重新标定？

3. 参考答案

（1）预制场的施工方案，由项目部总工组织编制，经项目部负责人组织讨论优化，在项目负责人（经理）批准后，应报企业技术负责人审批，并加盖公章，批准后，施工方案才能实施。

（2）张拉台座应具有足够的强度和刚度，台座基础应根据场地情况而定：地质条件良好，地基承载力足以满足梁重承载的要求，可直接在此地基上做台座基础。如果地基达不到承载力要求，则须对地基进行处理。可采用换填灰土夯实的方法或采用打挤密木桩的形式，保证处理后的地基的承载力满足规范或设计要求，然后，再在上面浇筑混凝土基础。另外，做好预制场场地排水工作也至关重要，以防止雨水浸泡地基。只有这样，才能保证台座基础不发生沉降。

（3）不可以。依据相关规范的规定，张拉满6个月或者张拉次数达到200次的千斤顶，必须重新进行标定方能够继续投入使用。

1K412032 现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术

以下简要介绍现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁常用的支（模）架法和悬臂浇筑法施工技术。

一、支（模）架法

（一）支架法现浇预应力混凝土连续梁

（1）支架的地基承载力应符合要求，必要时，应采取加强处理或其他措施。

（2）应有简便可行的落架拆模措施。

（3）各种支架和模板安装后，宜采取措施消除拼装间隙和地基沉降等非弹性变形。

（4）安装支架时，应根据梁体和支架的弹性、非弹性变形，设置预拱度。

（5）支架基础周围应有良好的排水措施，不得被水浸泡。

（6）浇筑混凝土时应采取措施，避免支架产生不均匀沉降。

（二）移动模架上浇筑预应力混凝土连续梁

（1）模架长度必须满足施工要求。

（2）模架应利用专用设备组装，在施工时能确保质量和安全。

（3）浇筑分段工作缝，必须设在弯矩零点附近。

（4）箱梁内、外模板在滑动就位时，模板平面尺寸、高程、预拱度的误差必须控制在容许范围内。

（5）混凝土内预应力筋管道、钢筋、预埋件设置应符合规范规定和设计要求。

二、悬臂浇筑法

悬臂浇筑的主要设备是一对能行走的挂篮。挂篮在已经张拉锚固并与墩身连成整体的梁段上移动。绑扎钢筋、立模、浇筑混凝土、施加预应力都在其上进行。完成本段施工后，挂篮对称向前各移动一节段，进行下一梁段施工，循序渐进，直至悬臂梁段浇筑完成。

（一）挂篮设计与组装

（1）挂篮结构主要设计参数应符合下列规定：

1）挂篮质量与梁段混凝土的质量比值控制在0.3～0.5，特殊情况下不得超过0.7。

2）允许最大变形（包括吊带变形的总和）为20mm。

3）施工、行走时的抗倾覆安全系数不得小于2。

4）自锚固系统的安全系数不得小于2。

5）斜拉水平限位系统和上水平限位安全系数不得小于2。

（2）挂篮组装后，应全面检查安装质量，并应按设计荷载做载重试验，以消除非弹性变形。

（二）浇筑段落

悬浇梁体一般应分四大部分浇筑：

（1）墩顶梁段（0号块）。

（2）墩顶梁段（0号块）两侧对称悬浇梁段。

（3）边孔支架现浇梁段。

（4）主梁跨中合龙段。

（三）悬浇顺序及要求

（1）在墩顶托架或膺架上浇筑0号段并实施墩梁临时固结。

（2）在0号块段上安装悬臂挂篮，向两侧依次对称分段浇筑主梁至合龙前段。

（3）在支架上浇筑边跨主梁合龙段。

（4）最后浇筑中跨合龙段形成连续梁体系。

托架、膺架应经过设计，计算其弹性及非弹性变形。

在梁段混凝土浇筑前，应对挂篮（托架或膺架）、模板、预应力筋管道、钢筋、预埋件、混凝土材料、配合比、机械设备、混凝土接缝处理等情况进行全面检查，经有关方签认后方准浇筑。

悬臂浇筑混凝土时，宜从悬臂前端开始，最后与前段混凝土连接。

桥墩两侧梁段悬臂施工应对称、平衡，平衡偏差不得大于设计要求。

（四）张拉及合龙

（1）预应力混凝土连续梁悬臂浇筑施工中，顶板、腹板纵向预应力筋的张拉顺序一般为上下、左右对称张拉，设计有要求时按设计要求施作。

（2）预应力混凝土连续梁合龙顺序一般是先边跨、后次跨、最后中跨。

（3）连续梁（T构）的合龙、体系转换和支座反力调整应符合下列规定：

1）合龙段的长度宜为2m。

2）合龙前应观测气温变化与梁端高程及悬臂端间距的关系。

3）合龙前应按设计规定，将两悬臂端合龙口予以临时连接，并将合龙跨一侧墩的临时锚固放松或改成活动支座。

4）合龙前，在两端悬臂预加压重，并于浇筑混凝土过程中逐步撤除，以使悬臂端挠度保持稳定。

5）合龙宜在一天中气温最低时进行。

6）合龙段的混凝土强度宜提高一级，以尽早施加预应力。

7）连续梁的梁跨体系转换，应在合龙段及全部纵向连续预应力筋张拉、压浆完成，并解除各墩临时固结后进行。

8）梁跨体系转换时，支座反力的调整应以高程控制为主，反力作为校核。

（五）高程控制

预应力混凝土连续梁，悬臂浇筑段前端底板和桥面标高的确定是连续梁施工的关键问题之一，确定悬臂浇筑段前端标高时应考虑：

（1）挂篮前端的垂直变形值。

（2）预拱度设置。

（3）施工中已浇段的实际标高。

（4）温度影响。

因此，施工过程中的监测项目为前三项；必要时结构物的变形值、应力也应进行监测，保证结构的强度和稳定。

【案例1K412032】

1. 背景

某市新建道路跨线桥，主桥长520m，桥宽22.15m，桥梁中间三跨为钢筋混凝土预应力连续梁，跨径组合为30m＋35m＋30m，需现场浇筑，进行预应力张拉；其余部分为T形22m简支梁。支架设计为满堂支撑形式，部分基础采用加固处理。模板支架有详细专项方案设计，经项目经理批准将支架施工分包给专业公司，并签订了分包合同。施工日志有以下记录：

（1）施工组织设计经项目经理批准签字后，上报监理工程师审批。

（2）专项方案提供了支架的强度验算，符合规范要求。

（3）由于拆迁影响了工期，项目总工程师对施工组织设计作了变更，并及时请示项目经理，经批准后付诸实施。

（4）为加快桥梁应力张拉的施工进度，从其他工地借来一台千斤顶与项目部现有的油泵配套使用。

2. 问题

(1)施工组织设计的审批程序的做法是否正确，应如何办理?

(2)专项方案仅提供支架的强度验算尚不满足要求，请予以补充。

(3)在支架上现浇混凝土连续梁时，支架应满足哪些要求，有哪些注意事项?

(4)从其他工地借用千斤顶与现有设备配套使用违反了哪些规定?

3. 参考答案

(1)不正确。工程施工组织设计应经项目经理签批后，必须经企业(施工单位)技术负责人审批，并加盖公章后方可实施；有变更时，应有变更审批程序。

(2)仅提供支架强度验算尚不满足专项方案的要求，还应提供支架刚度和稳定性方面的验算，且专项方案应由施工单位专业工程技术人员编制，经专家论证补充完善后，由施工企业技术负责人签批和监理单位总监理工程师签认后实施。

(3)支架应满足:

1)支架的强度、刚度、稳定性验算倾覆稳定系数不应小于1.3，受载后挠曲的杆件弹性挠度不大于$L/400$(L为计算跨度)。

2)支架的弹性、非弹性变形及基础的允许下沉量，应满足施工后梁体设计标高的要求。

3)注意事项有：整体浇筑时应采取措施防止支架基础不均匀下沉，若地基下沉可能造成梁体混凝土产生裂缝时，应分段浇筑。

(4)违反了有关规范的下列规定：张拉机具设备应与锚具配套使用，并应在进场时进行检验和校验。千斤顶与压力表应配套校验，以确定张拉力与压力表之间的关系曲线。

1K412033 钢梁制作与安装要求

一、钢梁制造

(1)钢梁应由具有相应资质的企业制造，并应符合《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205—2020的有关规定。

(2)钢梁制作基本要求:

1)钢梁制作的工艺流程：包括钢材矫正，放样画线，加工切割，再矫正、制孔，边缘加工、组装、焊接，构件变形矫正，摩擦面加工，试拼装、工厂涂装、发送出厂等。

2)钢梁制造焊接环境相对湿度不宜高于80%。

3)焊接环境温度：低合金高强度结构钢不得低于5℃，普通碳素结构钢不得低于0℃。

4)主要杆件应在组装后24h内焊接。

5)钢梁出厂前必须进行试拼装，并应按设计和有关规范的要求验收。

6)钢梁出厂前，安装企业应对钢梁质量和应交付的文件进行验收，确认合格。

(3)钢梁制造企业应向安装企业提供下列文件:

1)产品合格证。

2)钢材和其他材料质量证明书和检验报告。

3）施工图，拼装简图。

4）工厂高强度螺栓摩擦面抗滑移系数试验报告。

5）焊缝无损检验报告和焊缝重大修补记录。

6）产品试板的试验报告。

7）工厂试拼装记录。

8）杆件发运和包装清单。

二、钢梁安装

（一）安装方法选择

（1）城区内常用安装方法：自行式吊机整孔架设法、门架吊机整孔架设法、支架架设法、缆索吊机拼装架设法、悬臂拼装架设法、拖拉架设法等。

（2）钢梁工地安装，应根据跨径大小、河流情况、交通情况和起吊能力等条件选择安装方法。

（二）安装前检查

（1）钢梁安装前应对临时支架、支承、吊机等临时结构和钢梁结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算。

（2）应对桥台、墩顶顶面高程、中线及各孔跨径进行复测，误差在允许偏差范围内方可安装。

（3）应按照构件明细表，核对进场的构件、零件，查验产品出厂合格证及钢材的质量证明书。

（4）对杆件进行全面质量检查，对装运过程中产生缺陷和变形的杆件，应进行矫正。

（三）安装要点

（1）钢梁安装前应清除杆件上的附着物。摩擦面应保持干燥、清洁。安装中应采取措施防止杆件产生变形。

（2）在满布支架上安装钢梁时，冲钉和粗制螺栓总数不得少于孔眼总数的1/3，其中冲钉不得多于2/3。孔眼较少的部位，冲钉和粗制螺栓不得少于6个或将全部孔眼插入冲钉和粗制螺栓。

（3）用悬臂和半悬臂法安装钢梁时，连接处所需冲钉数量应按所承受荷载计算确定，且不得少于孔眼总数的1/2，其余孔眼布置精制螺栓。冲钉和精制螺栓应均匀安放。

（4）高强度螺栓栓合梁安装时，冲钉数量应符合上述规定，其余孔眼布置高强度螺栓。

（5）安装用的冲钉直径宜小于设计孔径0.3mm，冲钉圆柱部分的长度应大于板束厚度；安装用的精制螺栓直径宜小于设计孔径0.4mm；安装用的粗制螺栓直径宜小于设计孔径1.0mm。冲钉和螺栓宜选用Q345碳素结构钢制造。

（6）吊装杆件时，必须等杆件完全固定后方可摘除吊钩。

（7）钢梁安装过程中，每完成一节段应测量其位置、标高和预拱度，不符合要求应及时校正。

（8）钢梁杆件工地焊缝连接，应按设计的顺序进行。无设计顺序时，焊接顺序宜为纵向从跨中向两端、横向从中线向两侧对称进行，且须符合《城市桥梁工程施工与质量规范》CJJ 2—2008第14.2.5条规定。

（9）钢梁采用高强度螺栓连接前，应复验摩擦面的抗滑移系数。高强度螺栓连接前，

应按出厂批号，每批抽验不小于8套扭矩系数。高强度螺栓穿入孔内应顺畅，不得强行敲入。穿入方向应全桥一致。施拧顺序为从板束刚度大、缝隙大处开始，由中央向外拧紧，并应在当天终拧完毕。施拧时，不得采用冲击拧紧和间断拧紧。

（10）高强度螺栓终拧完毕必须当班检查。每栓群应抽查总数的5%，且不得少于2套。抽查合格率不得小于80%，否则应继续抽查，直至合格率达到80%以上。对螺栓拧紧度不足者应补拧，对超拧者应更换、重新施拧并检查。

（四）落梁就位要点

（1）钢梁就位前应清理支座垫石，其标高及平面位置应符合设计要求。

（2）固定支座与活动支座的精确位置应按设计图并考虑安装温度、施工误差等因素确定。

（3）落梁前后应检查其建筑拱度和平面尺寸、校正支座位置。

（4）连续梁落梁步骤应符合设计要求。

（五）现场涂装施工规定

现场涂装应符合下列规定：

（1）防腐涂料应有良好的附着性、耐蚀性，其底漆应具有良好的封孔性能。

（2）上翼缘板顶面和剪力连接器均不得涂装，在安装前应进行除锈、防腐蚀处理。

（3）涂装前应先进行除锈处理。首层底漆于除锈后4h内开始，8h内完成。涂装时的环境温度和相对湿度应符合涂料说明书的规定。当产品说明书无规定时，环境温度宜在5～38℃，相对湿度不得大于85%；当相对湿度大于75%时应在4h内涂完。

（4）涂料、涂装层数和涂层厚度应符合设计与涂料产品说明书要求；涂层干漆膜总厚度应符合设计要求。当规定层数达不到最小干漆膜总厚度时，应增加涂层层数。

（5）涂装应在天气晴朗、4级（不含）以下风力时进行，夏季应避免阳光直射。涂装时构件表面不应有结露，涂装后4h内应采取防护措施。

三、制作安装质量验收主控项目

（1）钢材、焊接材料、涂装材料应符合国家现行标准规定和设计要求。

（2）高强度螺栓连接副等紧固件及其连接应符合国家现行标准规定和设计要求。

（3）高强度螺栓的栓接板面（摩擦面）除锈处理后的抗滑移系数应符合设计要求。

（4）焊缝探伤检验应符合设计要求和《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008的有关规定。

（5）涂装检验应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008第14.3.1条规定。

【案例1K412033】

1. 背景

某公司中标承建城市立交桥工程，主桥为全钢结构，最大跨度79m，最宽44m，最高35m，用钢总量近7000t。项目部依据工程设计要求和现场施工条件，将钢桥分块进行预制拼装，纵向共分成8块，横向共9段，采用工地焊缝连接。所编制的施工组织设计在报审过程中遭到了质疑，经过组织专家进行论证后，并经过修改补充方被批准实施。

2. 问题

（1）钢桥预制前还应做好哪些主要工作？

（2）钢结构桥梁吊装前应做哪些准备工作？

（3）工地焊接时应按什么顺序进行？

3. 参考答案

（1）根据选用的吊机能力、运输能力及工厂制作的实际情况，确定该立交桥纵横向分割方案。分割方案必须经设计、制造、建设和监理等单位共同商定，特别要考虑分割后钢梁的稳定性及桥梁整体的拱度和分割后刚性变化对拱度的影响，通过建立模拟计算修正分割后单片钢梁的制造预拱度。必要时应经专家论证。

（2）钢结构桥梁吊装前应做下列准备工作：

1）根据施工现场情况，在不影响道路、管线施工及水、电、热供应方便的地域设置办公区、生活区及材料仓库。

2）施工区域地下各种市政管线复杂，特别是军用、专用光缆等，涉及产权单位的，应事先走访，充分做好沟通与协商；在运输和吊装过程中，确保各种管线的安全。

3）根据横向分配的情况，设立临时支撑，施工前要对临时支架在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算。

4）对桥墩的顶面高程，中线及跨距进行复测，误差在允许范围内方可安装。

5）由于钢梁构件较宽，体形较大，在运输和吊装过程中会涉及地面道路及高架道路的交通，除制定切实可行的运输吊装方案外还应制定相应的交通导行方案，向交通管理部门汇报，取得交通管理部门的支持与配合。

（3）依据分割方案，制定专门的焊接方案。焊接方案必须考虑现场施焊和工厂焊接的区别。除高空作业外，应注意防风的措施。焊缝的连接顺序应按设计要求进行，无设计要求时焊接顺序宜顺桥向从跨中向两端、横向从中线向两侧对称进行。

1K412034　钢－混凝土结合梁施工技术

一、钢－混凝土结合梁的构成与适用条件

（1）钢－混凝土结合梁一般由钢梁和钢筋混凝土桥面板两部分组成：

1）钢梁由工字形截面或槽形截面构成，钢梁之间设横梁（横隔梁），有时在横梁之间还设小纵梁。

2）钢梁上浇筑预应力钢筋混凝土，形成钢筋混凝土桥面板。

3）在钢梁与钢筋混凝土板之间设传剪器，二者共同工作。对于连续梁，可在负弯矩区施加预应力或通过“强迫位移法”调整负弯矩区内力。

（2）钢－混凝土结（组）合梁结构适用于城市大跨径或较大跨径的桥梁工程，目的是减轻桥梁结构自重，尽量减少施工对现况交通与周边环境的影响。

二、钢－混凝土结合梁施工

（一）基本工艺流程

钢梁预制并焊接传剪器→架设钢梁→安装横梁（横隔梁）及小纵梁（有时不设小纵梁）→安装预制混凝土板并浇筑接缝混凝土或支搭现浇混凝土桥面板的模板并铺设钢筋→

现浇混凝土→养护→张拉预应力束→拆除临时支架或设施。

（二）施工技术要点

（1）钢梁制作、安装应符合本书 1K412033 条的有关规定。

（2）钢主梁架设和混凝土浇筑前，应按设计要求或施工方案设置施工支架。施工支架设计验算除应考虑钢梁拼接荷载外，应同时计入混凝土结构和施工荷载。

（3）混凝土浇筑前，应对钢主梁的安装位置、高程、纵横向连接及施工支架进行检查验收，各项均应达到设计要求或施工方案要求。钢梁顶面传剪器焊接经检验合格后，方可浇筑混凝土。

（4）现浇混凝土结构宜采用缓凝、早强、补偿收缩性混凝土。

（5）混凝土桥面结构应全断面连续浇筑，浇筑顺序：顺桥向应自跨中开始向支点处交汇，或由一端开始浇筑；横桥向应先由中间开始向两侧扩展。

（6）桥面混凝土表面应符合纵横坡度要求，表面光滑、平整，应采用原浆抹面成活，并在其上直接做防水层。不宜在桥面板上另做砂浆找平层。

（7）施工中，应随时监测主梁和施工支架的变形及稳定，确认符合设计要求；当发现异常应立即停止施工并启动应急预案。

（8）设有施工支架时，必须待混凝土强度达到设计要求且预应力张拉完成后，方可卸落施工支架。

【案例1K412034】

1. 背景

某城市环路立交桥工程长 1.5km，其中跨越主干道路部分采用钢－混凝土结合梁结构，跨径 47.6m，鉴于吊装的单节钢梁重量大，又在城市主干道上施工，承建该工程的施工项目部为此制定了专项施工方案，拟采取以下措施：

措施一：为保证吊车的安装作业，占用一条慢行车道，选择在夜间时段，自行封路后进行钢梁吊装作业。

措施二：请具有相关资质的研究部门对钢梁结构在安装施工过程中不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行分析。

措施三：将安全风险较大的临时支架的搭设，通过招标程序分包给专业公司，签订分包合同，并按有关规定收取安全风险保证金。

2. 问题

（1）本工程专项施工方案应包括哪些主要内容？

（2）项目部拟采取的措施一不符合哪些规定？

（3）项目部拟采取的措施二验算内容和项目不齐全，请补充。

（4）从项目安全控制的总包和分包责任分工角度来看，项目部拟采取的措施三不够全面，还应做哪些补充？

3. 参考答案

（1）本工程的专项施工方案属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程专项施工方案，应包括的主要内容如下：

1）工程概况：危险性较大的分部分项工程概况和特点、施工平面布置、施工要求

和技术保证条件。

2）编制依据：相关法律、法规、规范性文件、标准、规范及施工图设计文件、施工组织设计等。

3）施工计划：施工进度计划、材料与设备计划。

4）施工工艺技术：技术参数、工艺流程、施工方法、操作要求、检查要求等。

5）施工安全保证措施：组织保障措施、技术措施、监测监控措施等。

6）施工管理及作业人员配备和分工：施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员等。

7）验收要求：验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等。

8）应急处置措施。

9）计算书及相关施工图纸。

（2）项目部拟采取的措施一不符合关于占用或挖掘城市道路的管理规定：因特殊情况需要临时占用城市道路的，须经市政工程行政主管部门和公安交通管理部门批准，方可按照规定占用。

（3）项目部拟采取的措施二验算内容和项目不齐全。钢梁安装前应对临时支架、支承、吊机等临时结构和钢梁结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算。

（4）项目部拟采取的措施三不全面。应审查分包方的安全施工资格和安全生产保证体系，不应将工程分包给不具备安全生产条件的分包方；在分包合同中应明确分包方安全生产责任和义务；对分包方提出安全要求，并认真监督、检查；对违反安全规定冒险蛮干的分包方，应令其停工整改。

1K412035 钢筋（管）混凝土拱桥施工技术

一、拱桥的类型与施工方法

（一）主要类型

（1）按拱圈和车行道的相对位置以及承载方式分为上承式、中承式和下承式。

（2）按拱圈混凝土浇筑的方式分为现浇混凝土拱和预制混凝土拱再拼装。

（二）主要施工方法

（1）按拱圈施工的拱架（支撑方式）可分为支架法、少支架法和无支架法；其中无支架施工包括缆索吊装、转体安装、劲性骨架、悬臂浇筑和悬臂安装以及由以上一种或几种施工方法的组合。

（2）选用施工方法应根据拱桥的跨度、结构形式、现场施工条件、施工水平等因素，并经方案的技术经济比较确定合理的施工方法。

（三）拱架种类与形式

（1）拱架种类按材料分为木拱架、钢拱架、竹拱架、竹木混合拱架、钢木组合拱架以及土牛拱胎架。

（2）按结构形式分为排架式、撑架式、扇架式、桁架式、组合式、叠桁式、斜拉式。

（3）在选择拱架时，应结合桥位所处地形、地基、通航要求、过水能力等实际条件进行多方面的技术经济比较。主要原则是拱架应有足够的强度、刚度和稳定性，同时要求取

材容易、构造简单、受力明确、制作及装拆方便，并能重复使用。

二、现浇拱桥施工

（一）一般规定

（1）钢管混凝土拱桥、劲性骨架拱桥及钢拱桥的钢构件制造应符合《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008 第 14 章钢梁制造的有关规定。

（2）装配式拱桥构件在吊装时，混凝土的强度不得低于设计要求；设计无要求时，不得低于设计强度值的 75%。

（3）拱圈（拱肋）放样时应按设计要求设预拱度，当设计无要求时，可根据跨度大小、恒载挠度、拱架刚度等因素计算预拱度，拱顶宜取计算跨度的 1/1000～1/500。放样时，水平长度偏差及拱轴线偏差：当跨度大于 20m 时，不得大于计算跨度的 1/5000；当跨度等于或小于 20m 时，不得大于 4mm。

（4）拱圈（拱肋）封拱合龙温度应符合设计要求，当设计无要求时，宜在当地年平均温度或 5～10℃时进行。

（二）在拱架上浇筑混凝土拱圈

（1）跨径小于 16m 的拱圈或拱肋混凝土，应按拱圈全宽从两端拱脚向拱顶对称、连续浇筑，并在拱脚混凝土初凝前全部完成。不能完成时，则应在拱脚预留一个隔缝，最后浇筑隔缝混凝土。

（2）跨径大于或等于 16m 的拱圈或拱肋，宜分段浇筑。分段位置，拱式拱架宜设置在拱架受力反弯点、拱架节点、拱顶及拱脚处；满布式拱架宜设置在拱顶、1/4 跨径、拱脚及拱架节点等处。各段的接缝面应与拱轴线垂直，各分段点应预留间隔槽，其宽度宜为 0.5～1m。当预计拱架变形较小时，可减少或不设间隔槽，应采取分段间隔浇筑。

（3）分段浇筑程序应符合设计要求，应对称于拱顶进行。各分段内的混凝土应一次连续浇筑完毕，因故中断时，应将施工缝凿成垂直于拱轴线的平面或台阶式接合面。

（4）间隔槽混凝土浇筑应由拱脚向拱顶对称进行。应待拱圈混凝土分段浇筑完成且强度达到 75% 设计强度并且接合面按施工缝处理后再进行。

（5）分段浇筑钢筋混凝土拱圈（拱肋）时，纵向不得采用通长钢筋，钢筋接头应安设在后浇的几个间隔槽内，并应在浇筑间隔槽混凝土时焊接。

（6）浇筑大跨径拱圈（拱肋）混凝土时，宜采用分环（层）分段方法浇筑，也可纵向分幅浇筑，中幅先行浇筑合龙，达到设计要求后，再横向对称浇筑合龙其他幅。

（7）拱圈（拱肋）封拱合龙时混凝土强度应符合设计要求，设计无要求时，各段混凝土强度应达到设计强度的 75%；当封拱合龙前用千斤顶施加压力的方法调整拱圈应力时，拱圈（包括已浇间隔槽）的混凝土强度应达到设计强度。

三、装配式桁架拱和刚构拱安装

（一）安装程序

在墩台上安装预制的桁架（刚架）拱片，同时安装横向联系构件，在组合的桁架拱（刚构拱）上铺装预制的桥面板。

（二）安装技术要点

（1）装配式桁架拱、刚构拱采用卧式预制拱片时，为防止拱片在起吊过程中产生扭折，起吊时必须将全片水平吊起后，再悬空翻身竖立。在拱片悬空翻身整个过程中，各吊

点受力应均匀，并始终保持在同一平面内，不得扭转。

（2）大跨径桁式组合拱，拱顶湿接头混凝土，宜采用较构件混凝土强度高一级的早强混凝土。

（3）安装过程中应采用全站仪，对拱肋、拱圈的挠度和横向位移、混凝土裂缝、墩台变位、安装设施的变形和变位等项目进行观测。

（4）拱肋吊装定位合龙时，应进行接头高程和轴线位置的观测，以控制、调整其拱轴线，使之符合设计要求。拱肋松索成拱以后，从拱上施工加载起，一直到拱上建筑完成，应随时对 1/4 跨、1/8 跨及拱顶各点进行挠度和横向位移的观测。

（5）大跨度拱桥施工观测和控制宜在每天气温、日照变化不大的时候进行，尽量减少温度变化等不利因素的影响。

四、钢管混凝土拱

（1）钢管拱肋制作应符合下列规定：

1）拱肋钢管的种类、规格应符合设计要求，应在工厂加工，具有产品合格证。

2）钢管拱肋加工的分段长度应根据材料、工艺、运输、吊装等因素确定。在制作前，应根据温度和焊接变形的影响，确定合龙节段的尺寸，并绘制施工详图，精确放样。

3）弯管宜采用加热顶压方式，加热温度不得超过 800℃。

4）拱肋节段焊接强度不应低于母材强度。所有焊缝均应进行外观检查；对接焊缝应 100% 进行超声检测，其质量应符合设计要求和国家现行标准规定。

5）在钢管拱肋上应设置混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔及扣点、吊点节点板。

6）钢管拱肋外露面应按设计要求做长效防护处理。

（2）钢管拱肋安装应符合下列规定：

1）钢管拱肋成拱过程中，应同时安装横向连系，未安装连系的不得多于一个节段，否则应采取临时横向稳定措施。

2）节段间环焊缝的施焊应对称进行，并应采用定位板控制焊缝间隙，不得采用堆焊。

3）合龙口的焊接或栓接作业应选择在环境温度相对稳定的时段内快速完成。

4）采用斜拉扣索悬拼法施工时，扣索采用钢绞线或高强度钢丝束时，安全系数应大于 2。

（3）钢管混凝土浇筑施工质量控制，参见本书 1K420104 条中的相关内容。

1K412036 斜拉桥施工技术

一、斜拉桥类型与组成

（一）斜拉桥类型

通常分为预应力混凝土斜拉桥、钢斜拉桥、钢－混凝土叠合梁斜拉桥、混合梁斜拉桥、吊拉组合斜拉桥等。

（二）斜拉桥组成

斜拉桥有索塔、钢索和主梁组成。

二、施工技术要点

（一）索塔施工的技术要求和注意事项

（1）索塔的施工可视其结构、体形、材料、施工设备和设计要求综合考虑，选用适合

的方法。裸塔施工宜用爬模法，横梁较多的高塔，宜采用劲性骨架挂模提升法。

（2）斜拉桥施工时，应避免塔梁交叉施工干扰。必须交叉施工时应根据设计和施工方法，采取保证塔梁质量和施工安全的措施。

（3）倾斜式索塔施工时，必须对各施工阶段索塔的强度和变形进行计算，应分高度设置横撑，使其线形、应力、倾斜度满足设计要求并保证施工安全。

（4）索塔横梁施工时应根据其结构、重量及支撑高度，设置可靠的模板和支撑系统。要考虑弹性和非弹性变形、支承下沉、温差及日照的影响，必要时，应设支承千斤顶调控。体积过大的横梁可分两次浇筑。

（5）索塔混凝土现浇，应选用输送泵施工，超过一台泵的工作高度时，允许接力泵送，但必须做好接力储料斗的设置，并尽量降低接力站台高度。

（6）必须避免上部塔体施工时对下部塔体表面的污染。

（7）索塔施工必须制定整体和局部的安全措施，如设置塔吊起吊重量限制器、断索防护器、钢索防扭器、风压脱离开关等；防范雷击、强风、暴雨、寒暑、飞行器对施工影响；防范掉落和作业事故，并有应急的措施；应对塔式起重机、支架安装、使用和拆除阶段的强度稳定等进行计算和检查。

（二）主梁施工技术要求和注意事项

1. 斜拉桥主梁施工方法

（1）施工方法与梁式桥基本相同，大体上可分为顶推法、平转法、支架法和悬臂法；悬臂法分悬臂浇筑法和悬臂拼装法。由于悬臂法适用范围较广而成为斜拉桥主梁施工最常用的方法。

（2）悬臂浇筑法，在塔柱两侧用挂篮对称逐段浇筑主梁混凝土。

（3）悬臂拼装法，是先在塔柱区浇筑（对采用钢梁的斜拉桥为安装）一段放置起吊设备的起始梁段，然后用适宜的起吊设备从塔柱两侧依次对称拼装梁体节段。

2. 混凝土主梁施工方法

（1）斜拉桥的零号段是梁的起始段，一般都在支架和托架上浇筑。支架和托架的变形将直接影响主梁的施工质量。在零号段浇筑前，应消除支架的温度变形、弹性变形、非弹性变形和支承变形。

（2）当设计采用非塔、梁固结形式时，施工时必须采用塔、梁临时固结措施，必须加强施工期内对临时固结的观察，并按设计确认的程序解除临时固结。

（3）采用挂篮悬浇主梁时，挂篮设计和主梁浇筑应考虑抗风振的刚度要求；挂篮制成后应进行检验、试拼、整体组装检验、预压，同时测定悬臂梁及挂篮的弹性挠度、调整高程性能及其他技术性能。

（4）主梁采用悬拼法施工时，预制梁段宜选用长线台座或多段联线台座，每联宜多于5段，各端面要啮合密贴，不得随意修补。

（5）大跨径主梁施工时，应缩短双向长悬臂持续时间，尽快使一侧固定，以减少风振时不利影响，必要时应采取临时抗风措施。

（6）为防止合龙梁段施工出现的裂缝，在梁上下底板或两肋的端部预埋临时连接钢构件，或设置临时纵向预应力索，或用千斤顶调节合龙口的应力和合龙口长度，并应不间断地观测合龙前数日的昼夜环境温度场变化与合龙高程及合龙口长度变化的关系，确定适宜

的合龙时间和合龙程序。合龙两端的高程在设计允许范围之内，可视情况进行适当压重。合龙浇筑后至预应力索张拉前应禁止施工荷载的超平衡变化。

3．钢主梁施工方法

（1）钢主梁应由资质合格的专业单位加工制作、试拼，经检验合格后，安全运至工地备用。堆放应无损伤、无变形和无腐蚀。

（2）钢梁制作的材料应符合设计要求。焊接材料的选用、焊接要求、加工成品、涂装等项的标准和检验按有关规定执行。

（3）应进行钢梁的连日温度变形观测对照，确定适宜的合龙温度及实施程序，并应满足钢梁安装就位时高强度螺栓定位所需的时间。

三、斜拉桥施工监测

（一）施工监测目的与监测对象

（1）施工过程中，必须对主梁各个施工阶段的拉索索力、主梁标高、塔梁内力以及索塔位移量等进行监测。

（2）监测数据应及时将有关数据反馈给设计等单位，以便分析确定下一施工阶段的拉索张拉量值和主梁线形、高程及索塔位移控制量值等，直至合龙。

（二）施工监测主要内容

（1）变形：主梁线形、高程、轴线偏差、索塔的水平位移。

（2）应力：拉索索力、支座反力以及梁、塔应力在施工过程中的变化。

（3）温度：温度场及指定测量时间塔、梁、索的变化。

【案例1K412036】

1．背景

某城市斜拉桥，大桥与河道斜交8°，与河堤立交，桥梁全长426m，主桥跨度为100m＋50m，桥塔高75m，为有背索双索面斜拉桥结构。主塔上塔柱为单肢，采用薄壁箱形截面，为拉索锚固区，其轴线方向基本竖直，高为17.8m，上设9.2m高装饰构造。上塔柱根部截面尺寸由3.5m×6.0m渐变至塔顶6.5m×6.0m，横桥向壁厚为1.2m，顺桥向壁厚为1.0m。为改善索塔在拉索水平力作用下的受力性能，根据拉索位置在索塔内设置19ϕ_s15.2环形预应力钢绞线，钢绞线束均采用两端张拉工艺，其中主跨侧共布置16束，边跨侧共布置11束。承建该工程的施工项目部制定了多项专项方案。拟采取以下措施：

措施一：请具有相关资质的研究部门对安装拉索施工过程中不同受力状态下的刚度、强度及稳定性进行分析。

措施二：对施工中主梁线形、高程、轴线偏差、索塔的水平位移进行监测。

措施三：项目部人员根据设计图纸绘制3D实体模型，用于检查钢筋、波纹管、混凝土结构、索导管等碰撞情形，并与设计方协商，在冲突的部位进行调整；在上塔柱施工前，预先进行3D模拟工序试作。

2．问题

（1）项目部拟采取的措施一验算内容和项目不齐全，请补充。

（2）项目部除了对施工变形进行监测外，还应监测哪些内容？

（3）项目部拟采取的措施三是否合理？

3. 参考答案

（1）项目部拟采取的措施一内容和项目不齐全。钢筋、索导管及环形预应力钢丝束及异型结构模板安装前还应对所用的临时支架、支撑、吊机等临时结构和主体结构本身在不同受力状态下的强度、刚度及稳定性进行验算。

（2）还应监测拉索应力、支座反力、梁塔应力在施工过程中的变化；且应对指定测量时间塔、梁、索的温度场及环境温度场变化进行监测。

（3）项目部拟采取的措施三合理，但不全面。在不具备试验段经费的条件下，进行模拟即时演算（推演）是合理的，可以大大减少资金使用，但对绘制3D实体模型应有具体、全面的控制措施（如：对绘制比例、材料细节、定位精准度等环节进行严格控制），确保在三维建模过程中不出现误差，以此对工程实体进行管控，若绘制模型过程中出现数据误差或精度误差，则既无法对预实施的施工过程进行正确管理，也不具有参考价值。

1K412040 管涵和箱涵施工

1K412041 管涵施工技术

涵洞是城镇道路路基工程重要组成部分，涵洞有管涵、拱形涵、盖板涵、箱涵。小型断面涵洞通常用作排水，一般采用管涵形式，统称为管涵。大断面涵洞分为拱形涵、盖板涵、箱涵，用作人行通道或车行道。以下内容主要涉及管涵、拱形涵、盖板涵洞与路基（土方）同步配合施工技术要点，不含道路建成后采用暗挖方法施工的内容。

一、管涵施工技术要点

（1）管涵是采用工厂预制钢筋混凝土管成品管节做成的涵洞的统称。管节断面形式分为圆形、椭圆形、卵形、矩形等。

（2）当管涵设计为混凝土或砌体基础时，基础上面应设混凝土管座，其顶部弧形面应与管身紧密贴合，使管节均匀受力。

（3）当管涵为无混凝土（或砌体）基础、管体直接设置在天然地基上时，应按照设计要求将管底土层夯压密实，并做成与管身弧度密贴的弧形管座，安装管节时应注意保持完整。管底土层承载力不符合设计要求时，应按规范要求进行处理、加固。

（4）管涵的沉降缝应设在管节接缝处。

（5）管涵进出水口的沟床应整理直顺，与上下游导流排水系统连接顺畅、稳固。

（6）采用预制管埋设的管涵施工，应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008有关规定。

（7）管涵出入端墙、翼墙应符合《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141—2008第5.5节规定。

二、拱形涵、盖板涵施工技术要点

（1）与路基（土方）同步施工的拱形涵、盖板涵可分为预制拼装钢筋混凝土结构、现场浇筑钢筋混凝土结构和砌筑墙体、预制或现浇钢筋混凝土混合结构等结构形式。

（2）依据道路施工流程可采取整幅施工或分幅施工。分幅施工时，临时道路宽度应满足现况交通的要求，且边坡稳定。需支护时，应在施工前对支护结构进行施工设计。

（3）挖方区的涵洞基槽开挖应符合设计要求，且边坡稳定；填方区的涵洞应在填土至涵洞基底标高后，及时进行结构施工。

（4）遇有地下水时，应先将地下水降至基底以下 500mm 方可施工，且降水应连续进行直至工程完成到地下水位 500mm 以上且具有抗浮及防渗漏能力方可停止降水。

（5）涵洞地基承载力必须符合设计要求，并应经检验确认合格。

（6）拱圈和拱上端墙应由两侧向中间同时、对称施工。

（7）涵洞两侧的回填土，应在主结构防水层的保护层完成，且保护层砌筑砂浆强度达到 3MPa 后方可进行。回填时，两侧应对称进行，高差不宜超过 300mm。

（8）伸缩缝、沉降缝止水带安装应位置准确、牢固，缝宽及填缝材料应符合要求。

（9）为涵洞服务的地下管线，应与主体结构同步配合进行。

1K412042　箱涵顶进施工技术

当新建道路下穿铁路、公路、城市道路路基施工时，通常采用箱涵顶进施工技术。

一、箱涵顶进准备工作

（一）作业条件

（1）现场做到“三通一平”，满足施工方案设计要求。

（2）完成线路加固工作和既有线路监测的测点布置。

（3）完成工作坑作业范围内的地上构筑物、地下管线调查，并进行改移或采取保护措施。

（4）工程降水（如需要）达到设计要求。

（二）机械设备、材料

按计划进场，并完成验收。

（三）技术准备

（1）施工组织设计或施工技术方案，应包括顶力计算、后背设计、既有线路加固方案、监测方案、应急预案等内容。

（2）全体施工人员进行培训、技术安全交底。

（3）完成施工测量放线。

（4）既有线路主管部门相关审批验收手续已完成。

二、工艺流程与施工技术要点

（一）工艺流程

现场调查→工程降水→工作坑开挖→后背制作→滑板制作→铺设润滑隔离层→箱涵制作→顶进设备安装→既有线加固→箱涵试顶进→吃土顶进→监控量测→箱体就位→拆除加固设施→拆除后背及顶进设备→工作坑恢复。

（二）箱涵顶进前检查工作

（1）箱涵主体结构混凝土强度必须达到设计强度，防水层及保护层按设计完成。

（2）顶进作业面包括路基下地下水位已降至基底下 500mm 以下，并宜避开雨期施工，若在雨期施工，必须做好防洪及防雨排水工作。

（3）后背施工、线路加固达到施工方案要求；顶进设备及施工机具符合要求。

（4）顶进设备液压系统安装及预顶试验结果符合要求。

（5）工作坑内与顶进无关人员、材料、物品及设施撤出现场。

（6）所穿越的线路管理部门的配合人员、抢修设备、通信器材准备完毕。

（三）箱涵顶进启动

（1）启动时，现场必须有主管施工技术人员专人统一指挥。

（2）液压泵站应空转一段时间，检查系统、电源、仪表无异常情况后试顶。

（3）液压千斤顶顶紧后（顶力在 0.1 倍结构自重），应暂停加压，检查顶进设备、后背和各部位，无异常时可分级加压试顶。

（4）每当油压升高 5～10MPa 时，需停泵观察，应严密监控顶镐、顶柱、后背、滑板、箱涵结构等部位的变形情况，如发现异常情况，立即停止顶进；找出原因采取措施解决后方可重新加压顶进。

（5）当顶力达到 0.8 倍结构自重时箱涵未启动，应立即停止顶进；找出原因采取措施解决后方可重新加压顶进。

（6）箱涵启动后，应立即检查后背、工作坑周围土体稳定情况，无异常情况，方可继续顶进。

（四）顶进挖土

（1）根据箱涵的净空尺寸、土质情况，可采取人工挖土或机械挖土。一般宜选用小型反铲挖掘机按侧刃脚坡度自上往下开挖，每次开挖进尺宜为 0.5m；当土质较差时，可按千斤顶的有效行程掘进，随挖随顶，防止路基塌方，配装载机或直接用挖掘机装汽车出土。顶板切土，侧墙刃脚切土及底板前清土须由人工配合。挖土顶进应三班连续作业，不得间断。

（2）侧刃脚进土应在 0.1m 以上。当属斜交涵时，前端锐角一侧清土困难应优先开挖。如设有中刃脚时应紧切土前进，使上下两层隔开，不得挖通漏天，平台上不得积存土料。开挖面的坡度不得大于 1：0.75；不得逆坡、超前挖土，不得扰动基底土体。应设专人监护。

（3）列车通过时严禁继续挖土，人员应撤离开挖面。当挖土或顶进过程中发生塌方，影响行车安全时，应迅速组织抢修加固，做出有效防护。

（4）挖土工作应与观测人员密切配合，随时根据箱涵顶进轴线和高程偏差，采取纠偏措施。

（五）顶进作业

（1）每次顶进应检查液压系统、传力设备、刃脚、后背和滑板等变化情况，发现问题及时处理。

（2）挖运土方与顶进作业循环交替进行。每前进一顶程，即应切换油路，并将顶进千斤顶活塞回复原位；按顶进长度补放小顶铁，更换长顶铁，安装横梁。

（3）箱涵身每前进一顶程，应观测轴线和高程，发现偏差及时纠正。

（4）箱涵吃土顶进前，应及时调整好箱涵的轴线和高程。在铁路路基下吃土顶进，不宜对箱涵做较大的轴线、高程调整动作。

（六）监控与检查

（1）箱涵顶进前，应对箱涵原始（预制）位置的里程、轴线及高程测定原始数据并记录。顶进过程中，每一顶程要观测并记录各观测点左、右偏差值，高程偏差值和顶程及总进尺。观测结果要及时报告现场指挥人员，用于控制和校正。

（2）箱涵自启动起，对顶进全过程的每一个顶程都应详细记录千斤顶开动数量、位置，油泵压力表读数、总顶力及着力点。如出现异常应立即停止顶进，检查分析原因，采取措施处理后方可继续顶进。

（3）箱涵顶进过程中，每天应定时观测箱涵底板上设置的观测标钉高程，计算相对高差，展图，分析结构竖向变形。对中边墙应测定竖向弯曲，当底板侧墙出现较大变位及转角时应及时分析研究采取措施。

（4）顶进过程中要定期观测箱涵裂缝及开展情况，重点监测底板、顶板、中边墙，中继间牛腿或剪力铰和顶板前、后悬臂板，发现问题应及时研究并采取措施。

三、季节性施工技术措施

（1）箱涵顶进应尽可能避开雨期。需在雨期施工时，应在汛期之前对拟穿越的路基、工作坑边坡等采取切实有效的防护措施。

（2）雨期施工时应做好地面排水，工作坑周边应采取挡水围堰、排水截水沟等防止地面水流入工作坑的技术措施。

（3）雨期施工开挖工作坑（槽）时，应注意保持边坡稳定。必要时可适当放缓边坡坡度或设置支撑；并经常对边坡、支撑进行检查，发现问题要及时处理。

（4）冬雨期现浇箱涵场地上空宜搭设固定或活动的作业棚，以免受天气影响。

（5）冬雨期施工应确保混凝土入模温度满足规范规定或设计要求。

1K413000　城市轨道交通工程



1K413000
扫一扫
看本章精讲课
配套章节自测

1K413010　城市轨道交通工程结构与特点

城市轨道交通工程包括：地下铁道（本书简称为地铁）工程和轻轨交通工程，已成为城市基础设施建设工程的重要组成部分。

城市轨道交通线路根据需要可以设在地面、地上和地下。当线路位于地面时，轨道结构铺设于路基之上，与传统的铁路相同；当线路位于地上时采用高架结构；当线路位于地下时采用地下结构。因为城市轨道交通线路的区间和线路的功能及所处平面位置不同，车站所采用的结构形式也不尽相同。

1K413011　地铁车站结构与施工方法

一、地铁车站形式与结构组成

（一）地铁车站形式分类

地铁车站根据其所处位置、埋深、运营性质、结构横断面、站台形式等进行分类，具体详见表 1K413011-1。

地铁（轻轨交通）车站的分类　　表 1K413011-1

分类方式	分类情况	备　注
车站与地面相对位置	高架车站	车站位于地面高架结构上，分为路中设置和路侧设置两种
	地面车站	车站位于地面，形式可采用岛式、侧式、岛侧混合式或路堑式，路堑式为其特殊形式
	地下车站	车站结构位于地面以下，分为浅埋、深埋车站
运营性质	中间站	仅供乘客上、下乘使用，是最常用、数量最多的车站形式
	区域站	在一条轨道交通线中，由于各区段客流的不均匀性，行车组织往往采取长、短交路（亦称大、小交路）的运营模式。设于两种不同行车密度交界处的车站，称之为区域站（即中间折返站，短交路列车在此折返）
	换乘站	位于两条及两条以上线路交叉点上的车站。具有中间站的功能外，还可让乘客在不同线上换乘
	枢纽站	枢纽站是由此站分出另一条线路的车站。该站可接、送两条线路上的列车
	联运站	指车站内设有两种不同性质的列车线路进行联运及客流换乘。联运站具有中间站及换乘站的双重功能
	终点站	设在线路两端的车站。就列车上、下行而言，终点站也是起点站（或称始发站）。终点站设有可供列车全部折返的折返线和设备，也可供列车临时停留检修
结构横断面	矩形	矩形断面是车站中常选用的形式。一般用于浅埋、明挖车站。车站可设计成单层、双层或多层；跨度可选用单跨、双跨、三跨及多跨形式
	拱形	拱形断面多用于深埋或浅埋暗挖车站，有单拱和多跨连拱等形式。单拱断面由于中部起拱较高，而两侧拱脚相对较低，中间无柱，因此建筑空间显得高大宽阔。如建筑处理得当，常会得到理想的建筑艺术效果。明挖车站采用单跨结构时也有采用拱形断面的
	圆形	为盾构法施工时常见的形式
	其他	如马蹄形、椭圆形等
站台形式	岛式站台	站台位于上、下行线路之间。具有站台面积利用率高、提升设施共用，能灵活调剂客流、使用方便、管理较集中等优点。常用于较大客流量的车站。其派生形式有曲线式、双鱼腹式、单鱼腹式、梯形式和双岛式等
	侧式站台	站台位于上、下行线路的两侧。侧式站台的高架车站能使高架区间断面更趋合理。常见于客流不大的地下站和高架的中间站。其派生形式有曲线式，单端喇叭式，双端喇叭式，平行错开式和上、下错开式等形式
	岛、侧混合站台	将岛式站台及侧式站台同设在一个车站内。常见的有一岛一侧，或一岛两侧形式。此种车站可同时在两侧的站台上、下车。共线车站往往会出现此种形式

（二）构造组成

地铁车站通常由车站主体（站台、站厅、设备用房、生活用房），出入口及通道，附属建筑物（通风道、风亭、冷却塔等）三大部分组成。

（1）车站主体是列车在线路上的停车点，其作用既是供乘客集散、候车、换车及上、下车；又是地铁运营设备设置的中心和办理运营业务的地方。

（2）出入口及通道（包括人行天桥）是供乘客进、出车站的建筑设施。

（3）通风道及地面通风亭的作用是维持地下车站内空气质量满足乘客吸收新鲜空气的需求。

（三）出入口设置

为满足防灾要求，地铁车站安全出口设置应符合下列规定：

（1）车站每个站厅公共区安全出口数量应经计算确定，且应设置不少于两个直通地面的安全出口。

（2）单层侧式站台车站，每侧站台安全出口数量应经计算确定，且不应少于两个直通地面的安全出口。

（3）车站的设备与管理用房区域安全出口的数量不应少于两个，其中有人值守的防火分区应有 1 个安全出口直通地面。

（4）安全出口应分散设置，当同方向设置时，两个安全出口通道口部之间净距不应小于 10m。

（5）竖井、爬梯、电梯、消防专用通道，以及设在两侧式站台之间的过轨地道不应作为安全出口。

（6）换乘车站的换乘通道不应作为安全出口。

二、施工方法（工艺）与选择条件

地铁工程通常是在城镇中修建的，其施工方法选择会受到地面建筑物、道路、管线、城市交通、环境保护、施工机具以及资金条件等因素影响。因此，施工方法的决定，不仅要从技术、经济、修建地区具体条件考虑，而且还要考虑施工方法对城市生活的影响。

明挖法是指在地铁施工时挖开地面，由上向下开挖土石方至设计标高后，自基底由下向上进行结构施工，当完成地下主体结构后回填基坑及恢复地面的施工方法。盖挖法是由地面向下开挖至一定深度后，将顶部封闭，其余的下部工程在封闭的顶盖下进行施工的一种方法。

在地铁施工中，若场地开阔、建筑物稀少、交通及环境允许时，应优先采用施工速度快且造价较低的明挖法施工。但是在城市繁忙地带修建地铁时，明挖法往往占用道路，影响交通，因此在交通不能中断而且必须确保一定交通流量的情况下，可选用盖挖法施工。

（一）明挖法施工

（1）在地面建筑物少、拆迁少、地表干扰小的地区修建浅埋地下工程通常采用明挖法。明挖法按开挖方式分为放坡明挖和不放坡明挖两种。放坡明挖法主要适用于埋深较浅、地下水位较低的城郊地段，边坡通常进行坡面防护、锚喷支护或土钉墙支护。不放坡明挖是指在围护结构内开挖，主要适用于场地狭窄及地下水丰富的软弱围岩地区。围护结构形式主要有地下连续墙、人工挖孔桩、钻孔灌注桩、钻孔咬合桩、SMW 工法桩、工字钢桩和钢板桩等。

（2）明挖法是修建地铁车站的常用施工方法，具有施工作业面多、速度快、工期短、易保证工程质量、工程造价低等优点，缺点是对周围环境影响较大。因此，在地面交通和环境条件允许的地方，应尽可能采用。

（3）围护结构及其支撑体系关系到明挖法实施的成败。常见的基坑内支撑结构形式有：现浇混凝土支撑、钢管支撑和 H 形钢支撑等。根据支撑方向的不同，可将支撑分为对撑、角撑和斜撑等，在特殊情况下，也有设置成环形梁的。典型的地铁车站基坑支撑布置如图 1K413011-1 所示。当内支撑跨度较大时，需在坑内设临时立柱，当临时立柱构造和位置恰当时，以后就将其变为结构的永久立柱，图 1K413011-2 是钢支撑和立柱常见连

接节点构造。

（4）明挖法施工工序如下：围护结构施工→降水（或基坑底土体加固）→第一层开挖→设置第一层支撑→第 n 层开挖→设置第 n 层支撑→最底层开挖→底板混凝土浇筑→自下而上逐步拆支撑（局部支撑可能保留在结构完成后拆除）→随支撑拆除逐步完成结构侧墙和中板→顶板混凝土浇筑。明挖法车站施工流程如图 1K413011-3 所示。

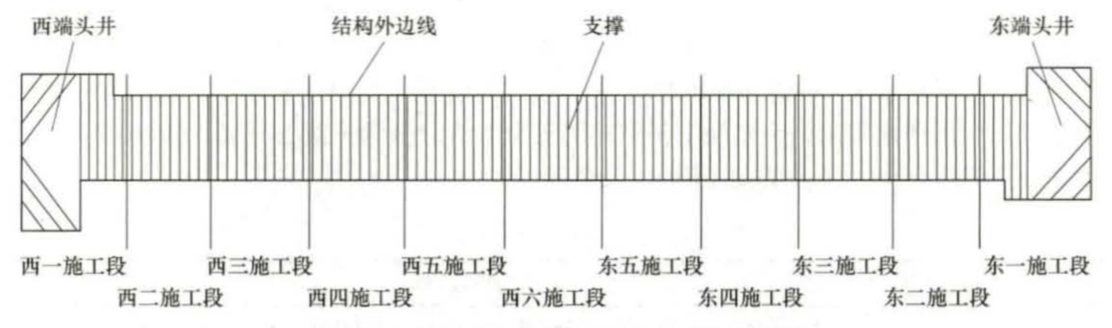


图 1K413011-1 地铁车站支撑的典型布置形式

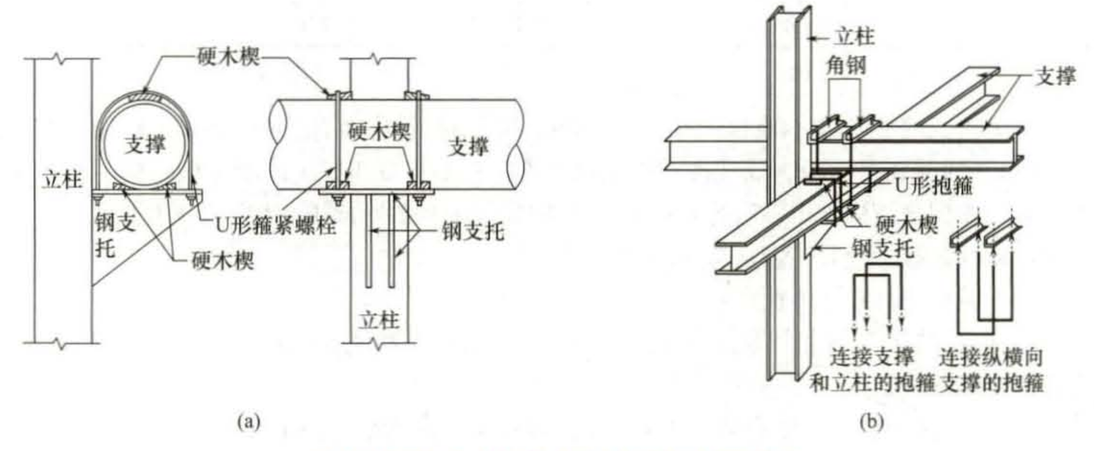


图 1K413011-2 地铁车站支撑的典型布置形式

（a）钢管对撑；（b）H 形钢井字撑

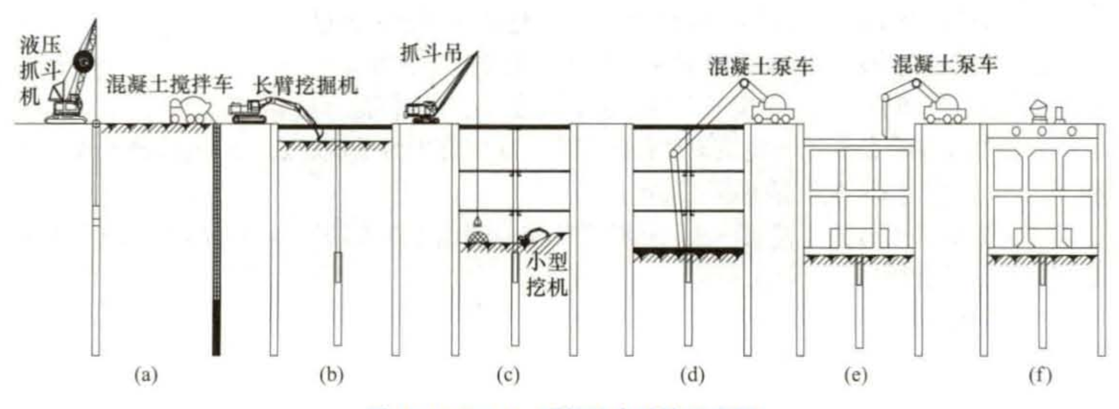


图 1K413011-3 明挖法车站施工流程

（a）围护结构施工；（b）第一层开挖、支撑；（c）第 n 层开挖、支撑；（d）浇筑底板混凝土；（e）浇筑中板及顶板；（f）车站主体结构完成

（5）明挖法施工时，土方应分层、分段、分块开挖，开挖后要及时施加支撑。常用的钢管支撑一端为活络头，采用千斤顶在该侧施加预应力。支撑施加预应力时应考虑操作时的应力损失，故施加的预应力值应比设计轴力增加10%并对预应力值做好记录。在支撑预支力加设前后的各12h内应加密监测频率，发现预应力损失或围护结构变形速率无明显收敛时应复加预应力至设计值。

（6）选择支护结构时，应综合考虑基坑周边环境和地质条件的复杂程度，首先应确定基坑安全等级，然后根据等级选用基坑支护结构。基坑设计时的安全等级分级是极为重要的概念，在不同地区分级方法和思路略有不同。《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012依据破坏后果严重程度，将基坑支护结构的安全等级划分为三级，见表1K413011-2；对于同一基坑的不同位置，可采用不同的安全等级。

基坑支护结构的安全等级　　表1K413011-2

安全等级	破坏后果
一级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响很严重
二级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响严重
三级	支护结构失效、土体过大变形对基坑周边环境或主体结构施工安全的影响不严重

（二）盖挖法施工

（1）盖挖法施工基本流程：在现有道路上按所需宽度，以定型标准的预制棚盖结构（包括纵、横梁和路面板）或现浇混凝土顶（盖）板结构置于桩（或墙）柱结构上维持地面交通，在棚盖结构支护下进行开挖和施作主体结构、防水结构，然后回填土并恢复管线或埋设新的管线，最后，恢复道路结构。

（2）盖挖法具有诸多优点：

1）围护结构变形小，能够有效控制周围土体的变形和地表沉降，有利于保护邻近建筑物和构筑物。

2）施工受外界气候影响小，基坑底部土体稳定，隆起小，施工安全。

3）盖挖逆作法用于城市街区施工时，可尽快恢复路面，对道路交通影响较小。

盖挖法也存在一些缺点：

1）盖挖法施工时，混凝土结构的水平施工缝的处理较为困难。

2）由于竖向出口少，需水平运输，后期开挖土方不方便。

3）作业空间小，施工速度较明挖法慢、工期长、费用高。

盖挖法每次分部开挖与浇筑或衬砌的深度，应综合考虑基坑稳定、环境保护、永久结构形式和混凝土浇筑作业等因素来确定。

（3）盖挖法可分为盖挖顺作法、盖挖逆作法及盖挖半逆作法。目前，城市中施工采用最多的是盖挖逆作法。

1）盖挖顺作法：

盖挖顺作法是在棚盖结构施作后开挖到基坑底，再从下至上施作底板、边墙，最后完成顶板，故称为盖挖顺作法。临时路面一般由型钢纵、横梁和路面板组成，其具体施工流程见图1K413011-4。由于主体结构是顺作，施工方便，质量易于保证，故顺作法仍然是盖挖法中的常用方法。

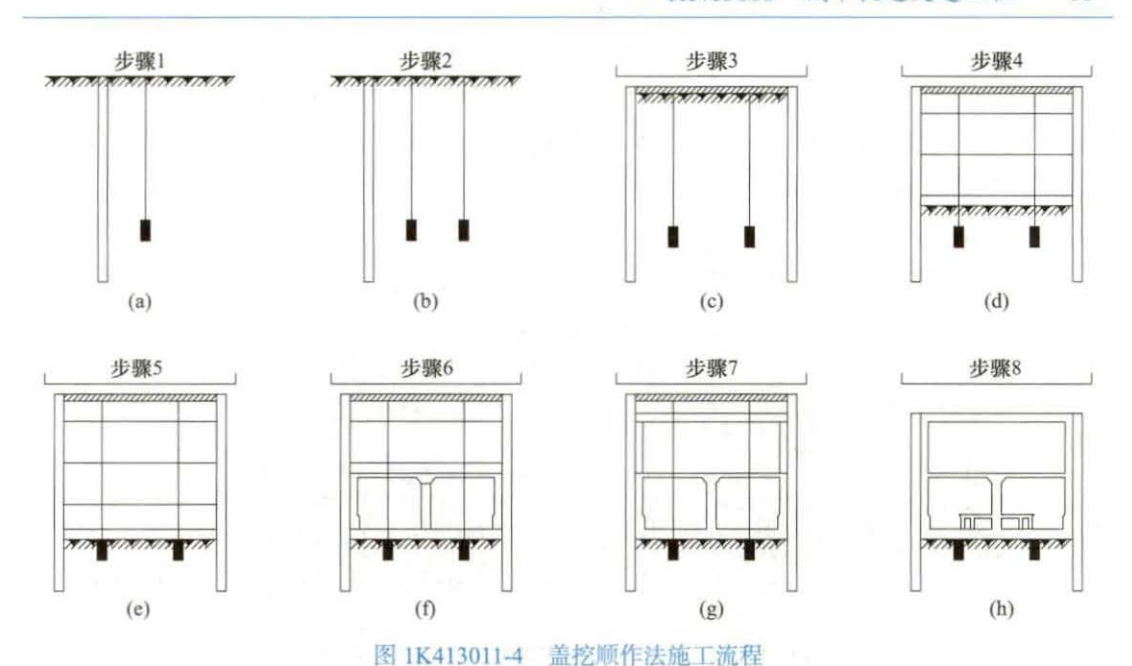


图 1K413011-4 盖挖顺作法施工流程

（a）构筑连续墙；（b）构筑中间支承桩；（c）构筑连续墙及覆盖板；（d）开挖及支撑安装；（e）开挖及构筑底板；（f）构筑侧墙、柱；（g）构筑侧墙及顶板；（h）构筑内部结构及路面恢复

盖挖顺作法的围护结构，根据现场条件、地下水位高低、开挖深度以及周围建筑物的邻近程度可选择钢筋混凝土钻（挖）孔灌注桩或地下连续墙，对于饱和的软弱地层应以刚度大、变形小、止水性能好的地下连续墙为首选方案。目前，盖挖顺作法中的围护结构常用来作为主体结构边墙体的一部分或全部。

在地铁车站施工中，盖挖顺作工法一般是利用临时性设施（较常用的是钢结构）作辅助措施维持道路通行，在夜间将道路封锁，掀开盖板进行基坑土方开挖或结构施工。

由上述可知，盖挖顺作法与明挖顺作法在施工顺序上和技术难度上差别不大，仅挖土和出土工作因受盖板的限制，无法使用大型机械，需采用特殊的小型、高效机具。

2）盖挖逆作法：

盖挖逆作法施工时，先施作车站周边围护结构和结构主体桩柱，然后将结构盖板置于围护桩（墙）、柱（钢管柱或混凝土柱）上，自上而下完成土方开挖和边墙、中板及底板衬砌的施工，其具体施工流程见图 1K413011-5。盖挖逆作法是在明挖内支撑基坑基础上发展起来的，施工过程中不需设置临时支撑，而是借助结构顶板、中板自身的水平刚度和抗压强度实现对基坑围护桩（墙）的支撑作用。

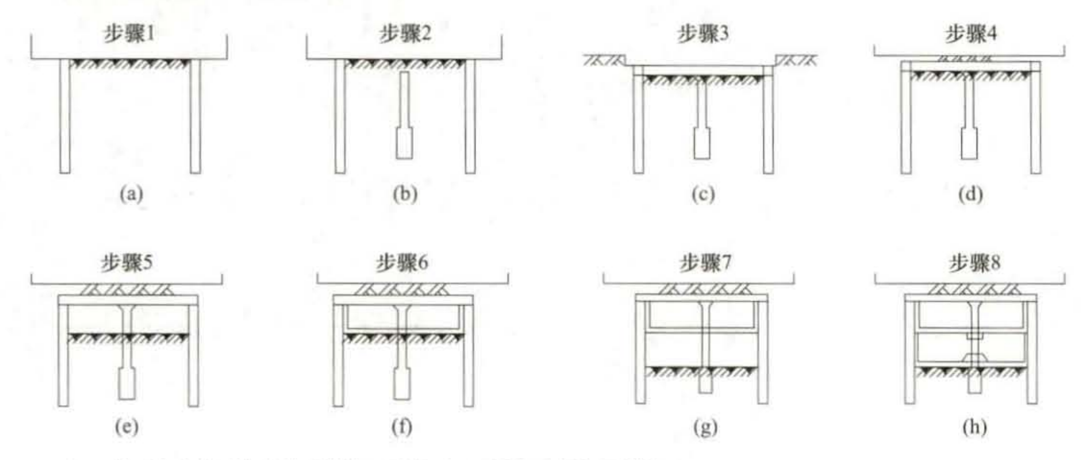
3）盖挖半逆作法：

类似逆作法，其区别仅在于顶板完成及恢复路面过程，在半逆作法施工中，一般都必须设置横撑并施加预应力。

采用逆作或半逆作法施工时都要注意混凝土施工缝的处理问题，由于它是在上部混凝土达到设计强度后再接着往下浇筑的，而混凝土的收缩及析水，施工缝处不可避免地要出现 3～10mm 宽的缝隙，将对结构的强度、耐久性和防水性产生不良影响。

针对混凝土施工缝存在的上述问题，可采用直接法、注入法或充填法处理。其中直接法是传统的施工方法，不易做到完全紧密接触；注入法是通过预先设置的注入孔向缝隙内

注入水泥浆或环氧树脂；充填法是在下部混凝土浇筑到适当高度，清除浮浆后再用无收缩或微膨胀的混凝土或砂浆充填，充填的高度，用混凝土充填为1.0m；用砂浆充填为0.3m。为保证施工缝的良好充填，一般设置V形施工缝，其倾角以小于30°为宜。试验证明注入法和充填法能保证结构的整体性。



注：当天然地基不能满足地模施工要求时，可采取地层加固措施。

图 1K413011-5 盖挖逆作法施工流程

（a）构筑围护结构；（b）构筑主体结构中间立柱；（c）构筑顶板；（d）回填土、恢复路面；（e）开挖中层土；（f）构筑上层主体结构；（g）开挖下层土；（h）构筑下层主体结构

（三）喷锚暗挖法

喷锚暗挖法（又称矿山法，详见本书1K413041条）对地层的适应性较广，适用于结构埋置较深、地面建筑物密集、交通运输繁忙、地下管线密布及对地面沉降要求严格的城镇地区地下构筑物施工。喷锚暗挖法施工遵循新奥法原理，而浅埋暗挖法是在新奥法基础上发展起来的。

1．新奥法

新奥法是应用岩体力学理论，以维护和利用围岩的自承能力为基础，采用锚杆和喷射混凝土为主要支护手段，控制围岩的变形和松弛，使围岩成为支护体系的组成部分，并通过对围岩和支护的量测、监控来指导施工的工法。支护在与围岩共同变形中承受的是形变应力。因此，要求初期支护有一定柔度，以利用和充分发挥围岩的自承能力，而从减少地表沉陷的城市要求角度出发，还要求初期支护有一定刚度。

2．浅埋暗挖法

浅埋暗挖法是一种在距离地表较近的地下进行隧道或地下构筑物施工的方法，该方法起源于1986年北京地铁复兴门折返线工程，是我国地铁建设者们根据本国地质情况创造的地铁隧道和车站修建方法，目前已经总结出了比较成熟的经验和理论。在明挖法、盾构法不适用的条件下，充分显示了浅埋暗挖法的优越性。

浅埋暗挖法可以独立使用（如北京西单地铁站就是完全以此方法建成的），也可以与其他施工方法结合使用（如天安门西站、王府井站、东单站则是用浅埋暗挖法与盖挖法相结合修建的）。

在城镇软弱围岩地层中，在浅埋条件下修建地下工程，以改造地质条件为前提，以控

制地表沉降为重点，以钢格栅（或其他钢结构）和锚喷作为初期支护手段，遵循“新奥法”大部分原理，按照“十八字”方针（即管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测）进行隧道的设计和施工，称之为浅埋暗挖技术。

浅埋暗挖法施工步骤是：先将小导管或管棚打入地层，然后注入水泥或化学浆液，使地层加固，再进行短进尺开挖（在土层或不稳定岩体中每个循环在 0.5～1.0m），施作初期支护，随后施作防水层，最后完成二次衬砌。当然，浅埋暗挖法的施工需利用监控测量获得的信息进行指导，这对施工安全与质量都是非常重要的。

浅埋暗挖技术从减少城市地表沉陷考虑，还必须辅之以其他配套技术，比如地层加固、降水等。浅埋暗挖法十分讲究开挖施工方法的选择（尤其是地铁车站多跨结构和大跨结构），一个合理的结构形式和正确的施工方法能起到事半功倍的作用。

采用浅埋暗挖法时要注意其适用条件。首先，浅埋暗挖法不允许带水作业，如果含水地层不能疏干，带水作业是非常危险的，开挖面的稳定性时刻受到威胁，甚至发生塌方。大范围的淤泥质软土、粉细砂地层，降水有难度的地层，不宜采用此法。其次，采用浅埋暗挖法要求开挖面具有一定的自立性和稳定性。我国规范对土壤的自立性从定性上提出了要求：工作面土体的自立时间，应足以进行必要的初期支护作业。对开挖面前方地层的预加固和预处理，视为浅埋暗挖法的必要前提，目的就在于加强开挖面的稳定性，增加施工的安全性。

常用的单跨隧道浅埋暗挖方法选择（根据开挖断面大小）见图 1K413011-6。在地质条件较差和拱部弧度较平缓时，10～12m 断面仍宜采用 CD 法。除了图 1K413011-6 所示方法外，还有侧洞法、柱洞法和中洞法用于修建三拱两柱或双拱单柱双层岛式车站。一拱两柱和一拱一柱断面：虽有利于拱顶防水，但拱顶较平缓，故而施工时宜采用柱洞法或洞桩法，具体详见本书 1K413041 条。

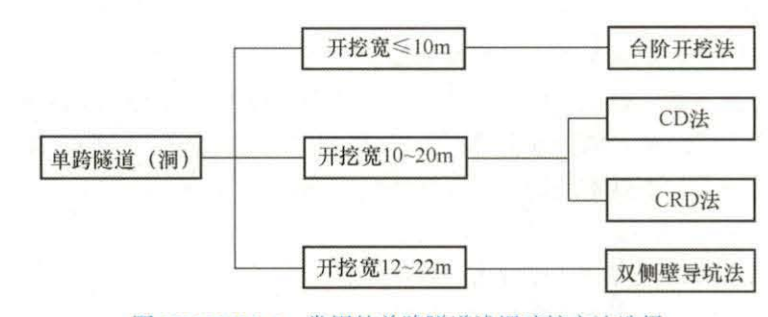


图 1K413011-6　常用的单跨隧道浅埋暗挖方法选择

三、不同方法施工的地铁车站结构

（一）明挖法施工车站结构

明挖法施工的车站主要采用矩形框架结构或拱形结构。其中，矩形框架结构是明挖车站中采用最多的一种形式，根据功能要求，可以双层单跨、双跨或多层多跨等形式。侧式车站一般采用双跨结构；岛式车站多采用双跨或三跨结构。站台宽度不大于 10m 时宜采用双跨结构，有时也采用单跨结构。在道路狭窄的地段建地铁车站，也可采用上、下行线重叠的结构。

明挖地铁车站结构由底板、侧墙及顶板等结构和楼板、梁、柱及内墙等内部构件组合

而成。它们主要用来承受施工和运营期间的内、外部荷载，提供地铁必需的使用空间，同时也是车站建筑造型的有机组成部分。结构形式和尺寸将直接影响内部的使用空间和管线布置等，所以必须综合受力、功能、外观、经济和施工等因素合理选定。

1. 顶板和楼板

可采用单向板（或梁式板）、井字梁式板、无梁板或密肋板等形式。井字梁式板和无梁板可以形成美观的顶棚或建筑造型，但造价较高，只有在板下不敷设管线时方可考虑采用。

2. 底板

底板主要按受力和功能要求设置。几乎都采用以纵梁和侧墙为支承的梁式板结构，这有利于整体道床和站台下纵向管道的铺设。埋置于无地下水的岩石地层中的明挖车站，可不设受力底板，但铺底应满足整体道床的使用要求。

3. 侧墙

当采用放坡开挖或用工字钢桩、钢板桩等作基坑的围护结构时，侧墙多采用以顶、底板及楼板为支承的单向板，装配式构件也可采用密肋板。

当采用地下连续墙时，可利用它们作为主体结构侧墙的一部分或全部。当连续墙直接作为主体结构的侧墙或与内衬墙形成整体结构时，设计中需要考虑周边的水文条件及先期修建的连续墙与顶、楼、底板等水平构件的连接。

4. 立柱

明挖车站的立柱一般采用钢筋混凝土结构，可采用方形、矩形、圆形或椭圆形等截面。按常规荷载设计的地铁车站站台区的柱距一般取 6～8m。当车站与地面建筑合建或为特殊荷载控制设计。柱的设计荷载很大时，可采用钢管混凝土柱、劲性钢筋高强度混凝土柱。

（二）盖挖法施工车站结构

1. 结构形式

盖挖法施工的地铁车站多采用矩形框架结构。

软土地区地铁车站一般采用地下连续墙或钻孔灌注桩作为施工阶段的围护结构。采用地下连续墙作为主体结构一部分或全部时，应经工程造价、进度、结构整体性、防水、施工处理等综合比较后，根据不同地质、周围环境等选用。

2. 侧墙

地下连续墙，按其受力特性可分为四种形式：

（1）临时墙：仅用来挡土的临时围护结构。

（2）单层墙：既是临时围护结构又作为永久结构的边墙。

（3）叠合墙：地下连续墙体作为永久结构边墙一部分。

（4）复合墙。

由于地下连续墙的作用不同，所以它和主体结构的连接方式也就不同，如图 1K413011-7 所示。

单层侧墙即地下墙在施工阶段作为基坑围护结构，建成后使用阶段又是主体结构的侧墙，内部结构的板直接与单层墙相接。在地下墙中可采用预埋“直螺纹钢筋连接器”将板的钢筋与地下墙的钢筋相接，确保单层侧墙与板的连接强度及刚度。砂性地层中不宜采用单层侧墙。

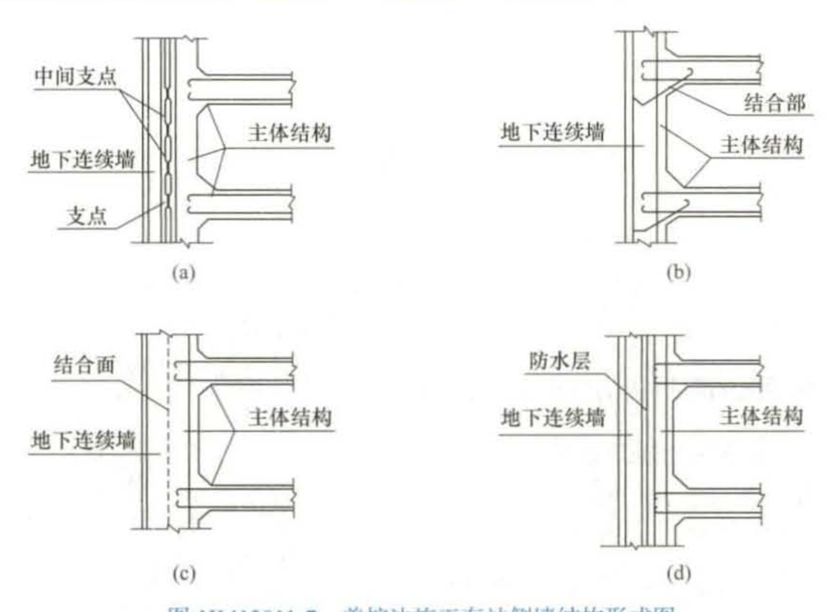


图 1K413011-7 盖挖法施工车站侧墙结构形式图

(a)临时墙;(b)单层墙(两墙合一);(c)叠合墙;(d)复合墙

双层侧墙即地下墙在施工阶段作为围护结构，回筑时在地上墙内侧现浇钢筋混凝土内衬侧墙，与先施工的地下墙组成叠合结构，共同承受使用阶段的水土侧压力，板与双层墙组成现浇钢筋混凝土框架结构。

3. 中间竖向临时支撑系统

中间竖向临时支撑系统由临时立柱及其基础组成，系统的设置方法有三种：

(1)在永久柱的两侧单独设置临时柱。

(2)临时柱与永久柱合一。

(3)临时柱与永久柱合一，同时增设临时柱。

(三)喷锚暗挖(矿山)法施工车站结构

喷锚暗挖(矿山)法施工的地铁车站，视地层条件、施工方法及其使用要求的不同，可采用单拱式车站、双拱式车站或三拱式车站，并根据需要做成单层或双层。此类车站的开挖断面一般为 150～250m^2。由于断面较大，开挖方法对洞室稳定、地面沉降和支护受力等有重大影响，在第四纪地层中开挖时常需采用辅助施工措施。

1. 单拱车站隧道

这种结构形式由于可以获得宽敞的空间和宏伟的建筑效果，在岩石地层中采用较多；近年来国外在第四纪地层中也有采用的实例，但施工难度大、技术措施复杂，造价也高。

2. 双拱车站隧道

双拱车站有两种基本形式，即双拱塔柱式和双拱立柱式。

(1)双拱塔柱式车站，是在两个单拱主隧道之间间隔一定距离设置横向联络通道，双层车站还可在其中布置楼梯间。两个主隧道的净距，一般不小于 1 倍主隧道的开挖宽度。

这种结构形式隧道横断面积相对较小，不仅适用于岩石地层，而且在第四纪地层中，采取一系列辅助施工措施的条件下也可采用，横断面根据地质条件可设计为曲墙或直墙。

（2）双拱立柱式车站早期多在石质较好的地层中采用，因拱圈相交节点处的防水处理较困难，故随着新奥法的出现，目前多由单拱车站所代替。

3. 三拱车站

三拱车站亦有塔柱式和立柱式两种基本形式，但三拱塔柱式车站现已很少采用，土层中大多采用三拱立柱式车站。

三拱双层立柱式车站，目前已有工程实例。不过由于施工开挖断面大，施工技术复杂、造价高、地面沉降控制困难，拱圈相交处防水处理较困难，在第四纪地层中一般不宜广泛采用。如确需设计三拱立柱式车站时，也以单层车站为宜。

1K413012 地铁区间隧道结构与施工方法

一、暗挖施工方法比较与选择

（一）喷锚暗挖（矿山）法

施工基本流程见图1K413012-1。

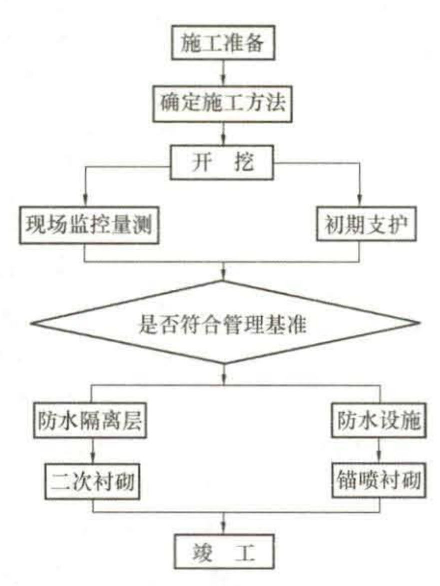


图1K413012-1 喷锚暗挖法施工流程

该法采用先柔后刚复合式衬砌和新型的支护结构体系，初期支护按承担全部基本荷载来设计，二次模筑衬砌作为安全储备，初期支护和二次衬砌共同承担特殊荷载。

应用浅埋暗挖法设计和施工时，同时采用多种辅助工法，超前预支护以改善加固围岩，调动部分围岩的自承能力；采用不同的开挖方法及时支护、封闭成环，使其与围岩共同作用形成联合支护体系。在施工过程中应用监控量测、信息反馈和优化设计，实现不塌方、少沉降和安全施工。

浅埋暗挖技术多用于第四纪软弱地层，由于围岩自承能力比较差，为避免对地面建筑物和地下构筑物造成破坏，需要严格控制地面沉降量，因此，初期支护要刚度大，支护要及时。初期支护必须从上向下施工，二次衬砌模筑必须通过变形量测确认初期支护结构基本稳定时，才能施工，而且必须从下往上施工，绝不允许先拱后墙施工。

浅埋暗挖法与新奥法相比，更强调地层的预支护和预加固。因为地铁工程基本是在城镇施工，对地表沉降的控制要求比较严格。浅埋暗挖法支护衬砌的结构刚度比较大，初期支护允许变形量比较小，有利于减少对地层的扰动及保护周边环境。

（1）地层预加固和预支护：

在城市地铁隧道施工中，经常遇到砂砾土、砂性土、黏性土或强风化基岩等不稳定地层。这类地层在隧道开挖过程中自稳时间短暂，往往在初期支护尚未来得及施作，或喷射混凝土尚未获得足够强度时，拱墙的局部地层已开始坍塌。为此，需采用地层预加固、预支护的方法，以提高周围地层的稳定性。常用的预加固和预支护方法有：小导管超前预注浆、开挖面超前深孔注浆及管棚超前支护（详见本书1K413043条）。

（2）隧道土方开挖与支护：

采用浅埋暗挖法开挖作业时，所选用的掘进方式及工艺流程，应保证最大限度地减少对地层的扰动，提高周围地层自承作用和减少地表沉降。根据不同的地质条件及隧道断

面，选用不同的开挖方法，但其总原则是：预支护、预加固一段，开挖一段；开挖一段，支护一段；支护一段，封闭成环一段。初期支护封闭成环后，隧道处于暂时稳定状态，通过监控量测，确认达到基本稳定状态时，可以进行二次衬砌施工。如量测结果证明尚未稳定，则需继续监测；如监测结果证明支护有失稳的趋势时，则需及时通过设计部门共同协商，确定加固方案。掘进方式选择详见本书 1K413041 条。

（3）初期支护形式：

在软弱破碎及松散、不稳定的地层中采用浅埋暗挖法施工时，除需对地层进行预加固和预支护外，隧道初期支护施作的及时性及支护的强度和刚度，对保证开挖后隧道的稳定性、减少地层扰动和地表沉降，都具有决定性的影响。在诸多支护形式中，钢拱锚喷混凝土支护是满足上述要求的最佳支护形式。初期支护形式详见本书 1K413044 条。

（4）二次衬砌：

在浅埋暗挖法中，初期支护的变形达到基本稳定，且防水结构施工验收合格后，可以进行二次衬砌施工。这是浅埋暗挖法中二次衬砌施工与一般隧道衬砌施工的主要区别。现浇钢筋混凝土工艺和机械设备使用与一般隧道衬砌施工基本相同。

二次衬砌模板可以采用临时木模板或金属定型模板，更多情况则使用模板台车，因为区间隧道的断面尺寸基本不变，有利于使用模板台车，加快支模及拆模速度。衬砌所用的模板、墙架，拱架均应式样简单、拆装方便、表面光滑、接缝严密。使用前应在样板台上校核；重复使用时，应随时检查并整修。二次衬砌混凝土施工详见本书 1K413045 条。

（5）监控量测：

利用监控量测信息指导设计与施工是浅埋暗挖施工工序的重要组成部分。在设计文件中应提出具体要求和内容，监控量测的费用应纳入工程成本。在实施过程中施工单位要有专门机构执行与管理，并由项目技术负责人统一掌握、统一领导。经验证明拱顶沉降是控制稳定较直观的和可靠的判断依据，水平收敛和地表沉降有时也是重要的判断依据。对于地铁隧道来讲，地表沉降测量显得尤为重要。

（二）盾构法

（1）盾构法施工见图 1K413012-2，其基本施工步骤：

1）在盾构法隧道的始发端和接收端各建一个工作（竖）井。

2）盾构机在始发端工作井内安装就位。

3）依靠盾构机千斤顶推力（作用在已拼装好的衬砌环和反力架）将盾构机从始发工作井的墙壁预留洞门推出。

4）盾构机在地层中沿着设计轴线推进，在推进的同时不断出土和安装衬砌管片。

5）及时地向衬砌背后的空隙注浆，防止地层移动和固定衬砌环位置。

6）盾构机进入接收工作井并被拆除，如施工需要，也可穿越工作井再向前推进。

（2）盾构法施工隧道具有以下优点：

1）除工作井施工外，施工作业均在地下进行，既不影响地面交通，又可减少对附近居民的噪声和振动影响。

2）盾构推进、出土、拼装衬砌等主要工序循环进行，施工易于管理，施工人员也较少。

3）在一定覆土范围内，隧道的施工费用不受覆土量影响，适宜于建造覆土较深的隧道。

4）施工不受风雨等气候条件影响。

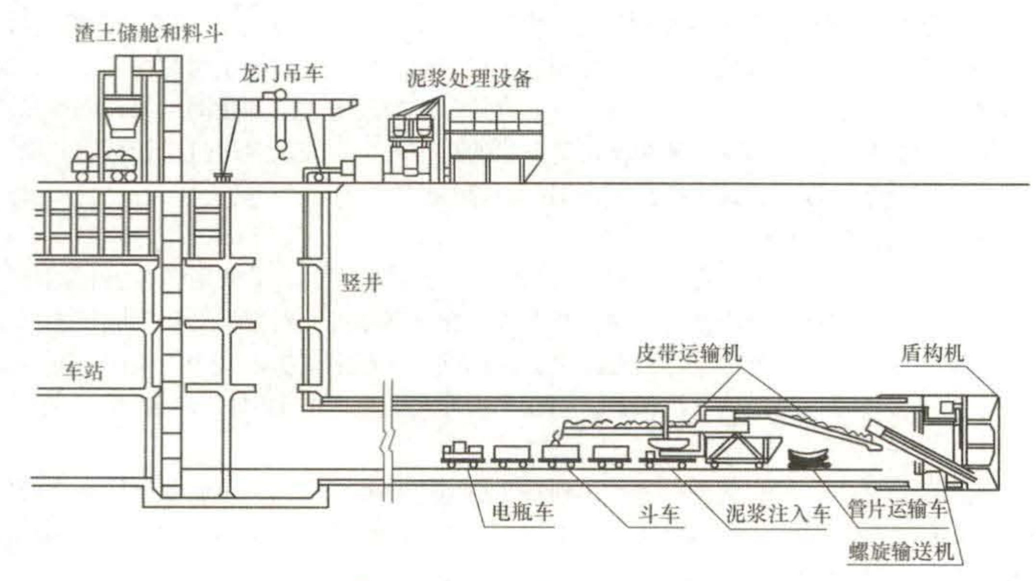


图 1K413012-2 盾构法施工示意图

5）当隧道穿过河底或其他建筑物时，不影响航运通行和建（构）筑物的正常使用。

6）土方及衬砌施工安全、掘进速度快。

7）在松软含水地层中修建埋深较大的长隧道往往具有技术和经济方面的优越性。

（3）盾构法施工也存在以下一些问题：

1）当隧道曲线半径过小时，施工较为困难。

2）在陆地建造隧道时，如隧道覆土太浅，则盾构法施工困难较大，而在水下时，如覆土太浅则盾构法施工不够安全。

3）盾构施工中采用全气压方法疏干和稳定地层时，对劳动保护要求较高，施工条件差。

4）盾构法隧道上方一定范围内的地层沉降尚难完全防止，特别在饱和含水松软的土层中，要采取严密的技术措施才能把沉降控制在很小的限度内。

5）在饱和含水地层中，盾构法施工所用的拼装衬砌，对结构的整体防水技术要求较高。

6）对于结构断面尺寸多变的区段适应能力较差。

（4）对使用管片的技术要求：

盾构到达接收井（出洞）时，由于前方已无土体，对管片收缩量就有影响，容易造成管片松弛和错台。为此建议在出洞时的 10 环管片上，增设纵向拉紧装置，并适当加强第一次螺栓紧固力。工作井在盾构洞口应预埋现浇钢筋混凝土环梁筋。一般盾构从硬地层到软地层易下沉、扎头，此时要注意盾构推进保持匀速，推进时要严格控制出土量，保持土压平衡，必要时同步注浆，适当增加压力，并提早做管片二次压浆，减少本区段管片的沉降。作为盾构法隧道设计，此时应进行隧道纵向强度和变形验算，适当加大螺栓直径。

（5）隧道内的水平运输以及地面的垂直运输：

隧道内配套的水平运输往往也关系到整个施工的效率。通过整个施工流程来看，隧道水平运输包括管片、砂浆以及其他材料的运进，土压平衡盾构还有渣土的运出。如果配套合理，对整个工程施工工期将起到很好的促进作用。在国内外，也有整个出渣土的水平运输为皮带运输的实例，通过不断增加的皮带运输组来跟进盾构的前进。

二、不同方法施工地铁区间隧道的结构形式

（一）明挖法施工隧道

在场地开阔、建筑物稀少、交通及环境允许的地区，应优先采用施工速度快、造价较低的明挖法施工。明挖法施工的地下铁道区间隧道结构通常采用矩形断面，一般为整体浇筑或装配式结构，其优点是其内轮廓与地下铁道建筑限界接近，内部净空可以得到充分利用，结构受力合理，顶板上便于敷设城市地下管网和设施。

1. 整体式衬砌结构

明挖现浇隧道结构断面分单跨、双跨等形式，由于结构整体性好，防水性能容易得到保证，可适用于各种工程地质和水文地质条件；但是，施工工序较多，速度较慢。

2. 预制装配式衬砌

预制装配式衬砌的结构形式应根据工业化生产水平、施工方法、起重运输条件、场地条件等因地制宜选择，目前以单跨和双跨较为通用。装配式衬砌各构件之间的接头构造，除了要考虑强度、刚度、防水性等方面的要求外，还要求构造简单、施工方便。装配式衬砌整体性较差，对于有特殊要求（如防护、抗震等）的地段要慎重选用。

（二）喷锚暗挖（矿山）法施工隧道

在城市区域、交通要道及地上地下构筑物复杂地区，隧道施工喷锚暗挖法通常是一种较好的选择。隧道施工时，一般采用拱形结构，其基本断面形式为单拱、双拱和多跨连拱。前者多用于单线或双线的区间隧道或联络通道，后两者多用在停车线、折返线或喇叭口岔线上。采用喷锚暗挖法隧道衬砌又称为支护结构或初期支护，其作用是加固围岩并与围岩一起组成一个有足够安全度的隧道结构体系，共同承受可能出现的各种荷载，保持隧道断面的使用净空，防止地表沉降，提供空气流通的光滑表面，堵截或引排地下水。根据对隧道衬砌结构的基本要求以及隧道所处的围岩条件、地下水状况、地表沉降的控制、断面大小和施工方法等，可以采用基本结构类型及其变化方案。

1. 衬砌的基本结构类型——复合式衬砌

这种衬砌结构是由初期支护、防水隔离层和二次衬砌所组成，复合式衬砌外层为初期支护，其作用是加固围岩，控制围岩变形，防止围岩松动失稳，是衬砌结构中的主要承载单元。一般应在开挖后立即施作，并应与围岩密贴。所以，最适宜采用喷锚支护，根据具体情况，选用锚杆、喷混凝土、钢筋网和钢拱架等单一或并用而成。

2. 衬砌结构的变化方案

在干燥无水的坚硬围岩中，区间隧道衬砌亦可采用单层的喷锚支护，不做防水隔离层和二次衬砌，但此时对喷射混凝土的施工工艺和抗风化性能都应有较高的要求，衬砌表面要平整，不允许出现大量的裂缝。

在防水要求不高，围岩有一定的自稳能力时，区间隧道亦可采用单层的模筑混凝土衬砌，不做初期支护和防水隔离层。施工时如有需要可设置用木料、钢材或喷锚做成的临时支撑。不同于受力单元，一般情况下，在浇筑混凝土时需将临时支撑拆除，以供下次使用。单层模筑衬砌又称为整体式衬砌，为适应不同的围岩条件，整体式衬砌可做成等截面直墙式和等截面或变截面曲墙式，前者适用于坚硬围岩，后者适用于软弱围岩。

（三）盾构法隧道

盾构法隧道采用的预制装配式衬砌是用工厂预制的构件（称为管片），在盾构尾部拼

装而成的。

1. 管片类型

管片按材质分为钢筋混凝土管片、钢管片、铸铁管片、钢纤维混凝土管片和复合材料管片。其中，钢管片和铸铁管片一般用于负环管片或联络通道部位，但由于铸铁管片成本较高现已很少采用；钢纤维混凝土管片在国外已有使用，在国内尚处于试验阶段；钢筋混凝土管片是盾构法隧道衬砌中最常用的管片类型。

钢筋混凝土管片的耐压性和耐久性都比较好，目前已可生产抗压强度达 60MPa、抗渗等级大于 P12 级的管片，而且这几种管片刚度大，由其组成的衬砌防水性能有保证。钢管片的强度高，具有良好的可焊接性，便于加工和维修，重量轻也便于施工。与混凝土管片相比，其刚度小、易变形，而且钢管片的抗锈性差，在不做二次衬砌时，必须有抗腐、抗锈措施。铸铁管片强度高，防水和防锈蚀性能好，易加工。和钢管片相比，刚度亦较大，故在早期的地下铁道区间隧道中得到广泛的应用。钢和铸铁管片价格较贵，现在除了在需要开口的衬砌环或预计将承受特殊荷载的地段采用外，一般都采用钢筋混凝土管片。

盾构法施工的隧道衬砌可采用双层衬砌或在其内现浇钢筋混凝土内衬的双层衬砌，在满足作用、受力和防水要求前提下，应优先选用装配式钢筋混凝土单层衬砌。在联络通道门洞区段的装配式衬砌，可采用钢管片、铸铁管片或钢与钢筋混凝土的复合管片。

按管片螺栓手孔大小，可将管片分为箱型和平板型两类。箱型管片是指因手孔较大而呈肋板型结构，手孔较大不仅方便了接头螺栓的穿入和拧紧，而且也节省了材料，使单块管片重量减轻，便于运输和拼装。但因截面削弱较多，在盾构千斤顶推力作用下容易开裂，故只有强度较大的金属管片才采用箱型结构。当然，直径和厚度较大的钢筋混凝土管片也有采用箱型结构的。在箱型管片中纵向加劲肋是传递千斤顶推力的关键部位，一般沿衬砌环向等距离布置，加劲肋的数量应大于盾构千斤顶的台数，其形状应根据管片拼装和是否需要浇筑二次衬砌的施工要求而定，见图 1K413012-3。平板型管片是指因螺栓手孔较小或无手孔而呈曲板型结构的管片，由于管片截面削弱少或无削弱，故对盾构千斤顶推力具有较大的承载力，对通风的阻力也较小。无手孔的管片也称为砌块，现在的钢筋混凝土管片多采用平板型结构，见图 1K413012-4。

目前，国内城市地铁盾构法隧道的管片常见厚度为 300mm 和 350mm，常用的环宽为 1000mm、1200mm 和 1500mm。

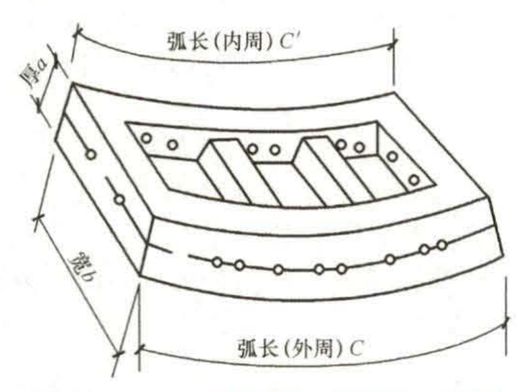


图 1K413012-3 钢筋混凝土箱型管片示意图

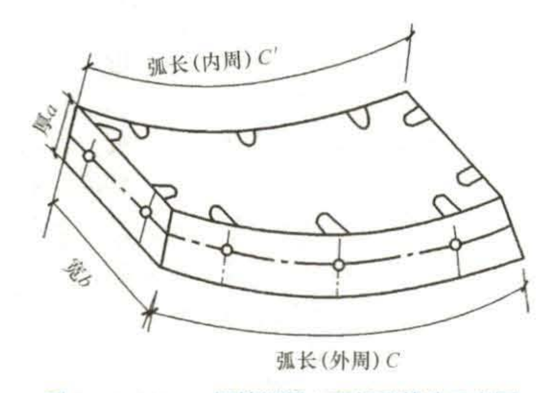


图 1K413012-4 钢筋混凝土平板型管片示意图

2. 管环构成

盾构隧道衬砌的主体是管片拼装组成的管环，管环通常由A型管片（标准块）、B型管片（邻接块）和K型管片（封顶块）构成，管片之间一般采用螺栓连接，见图1K413012-5a。封顶块K型管片根据管片拼装方式的不同，有从隧道内侧向半径方向插入的径向插入型（图1K413012-5b）和从隧道轴向插入的轴向插入型（图1K413012-5c）以及两者并用的类型。半径方向插入型为传统插入型，早期的施工实例很多，该类型的K管片很容易落入隧道内侧。随着隧道埋深的增加，不易脱落的轴向插入型K管片被越来越多地使用。使用轴向插入型K管片的情况下，需要推进油缸的行程要长些，因而盾尾长度要长些。两种插入型K管片同时使用的情况较少见。

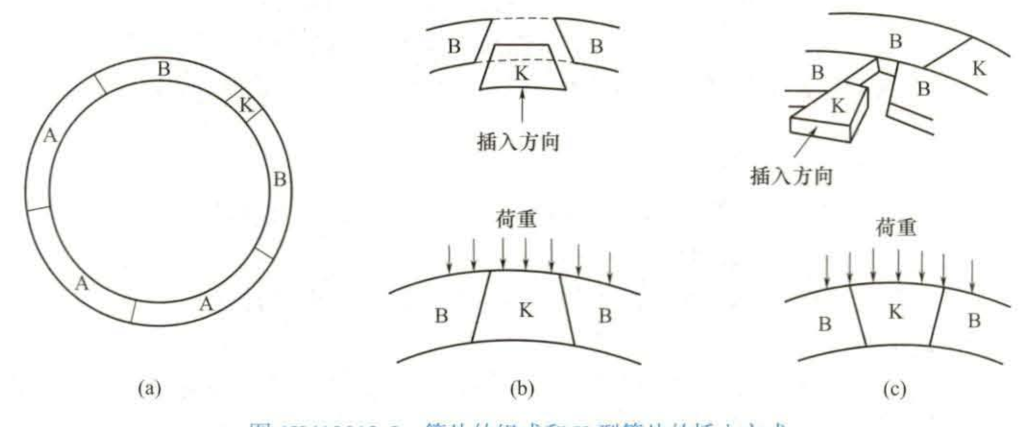


图1K413012-5 管片的组成和K型管片的插入方式
（a）管片的组成；（b）K型管片径向插入；（c）K型管片轴向插入

3. 管片的通缝和错缝拼装

衬砌拼装方式分为通缝和错缝两种方式，见图1K413012-6。通缝的施工工艺相对简单，但通缝拼装的盾构隧道变形大，对防水的要求相应也高；错缝拼装可避免通缝拼装环面误差累积，从而减少施工中管片破损。错缝拼装时环向缝呈T形，可有效减少接缝处渗漏，防水效果比通缝拼装好。地铁长期运营过程中，特别是在小半径曲线上衬砌环受长期的列车水平离心力作用，隧道侧向压力不均，错缝拼装的管片环控制径向变形要比通缝时更有利。错缝拼装在国外使用很普遍，国内也已广泛采用，错缝拼装的管片配筋量稍大，但其整环空间刚度大，比通缝更适应于外部地层及荷载的变化，有一定的安全储备。

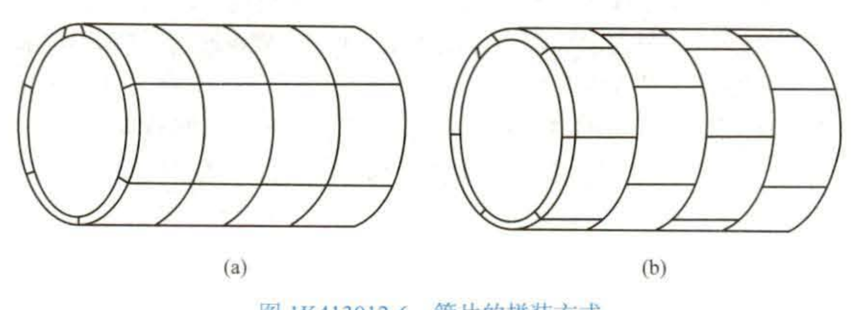


图1K413012-6 管片的拼装方式
（a）管片的通缝拼装；（b）管片的错缝拼装

4．衬砌环类型

地铁区间隧道由直线和曲线（圆曲线及缓和曲线）组成，为满足盾构隧道在曲线上偏转及纠偏的需要，应设计楔形衬砌环。目前通常采用的衬砌环类型有三种：

（1）标准衬砌环＋左右转弯衬砌环组合：

直线地段除施工纠偏外，采用标准衬砌环；曲线地段可通过标准衬砌环与左、右转弯衬砌环组合使用以模拟曲线。该方法施工方便，操作简单。国内通常采用这种方式，有丰富的设计及施工经验。

（2）楔形衬砌环之间相互组合：

采用几种类型的楔形衬砌环，设计和施工中通过楔形衬砌环的优选及组合进行线路拟合。根据线路偏转方向及施工纠偏的需要，设计左转弯、右转弯楔形衬砌环，在直线段通过左转弯和右转弯衬砌环一一对应组合形成直线。该种管片拼装时，每个千斤顶行程均不同，施工操作复杂，环面缝隙可能会增大，对施工管理水平要求很高。这种管片组合方式目前在国内使用较少。

（3）通用型管片：

通用管片为只采用一种类型的楔形管片衬砌环，盾构掘进时根据盾构机内环向千斤顶传感器的信息和线路线形设计的要求，根据曲线拟合确定下一环衬砌绕管片中心线转动的角度，以达到设计线路和纠偏的目的，使线路的偏移量在规定的范围内。

（四）联络通道

联络通道是设置在地铁区间隧道之间的一条横向通道，起到安全疏散乘客、隧道排水及防火、消防等作用，如图 1K413012-7 所示。

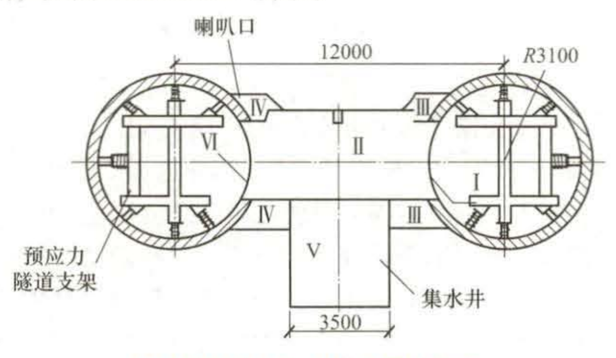


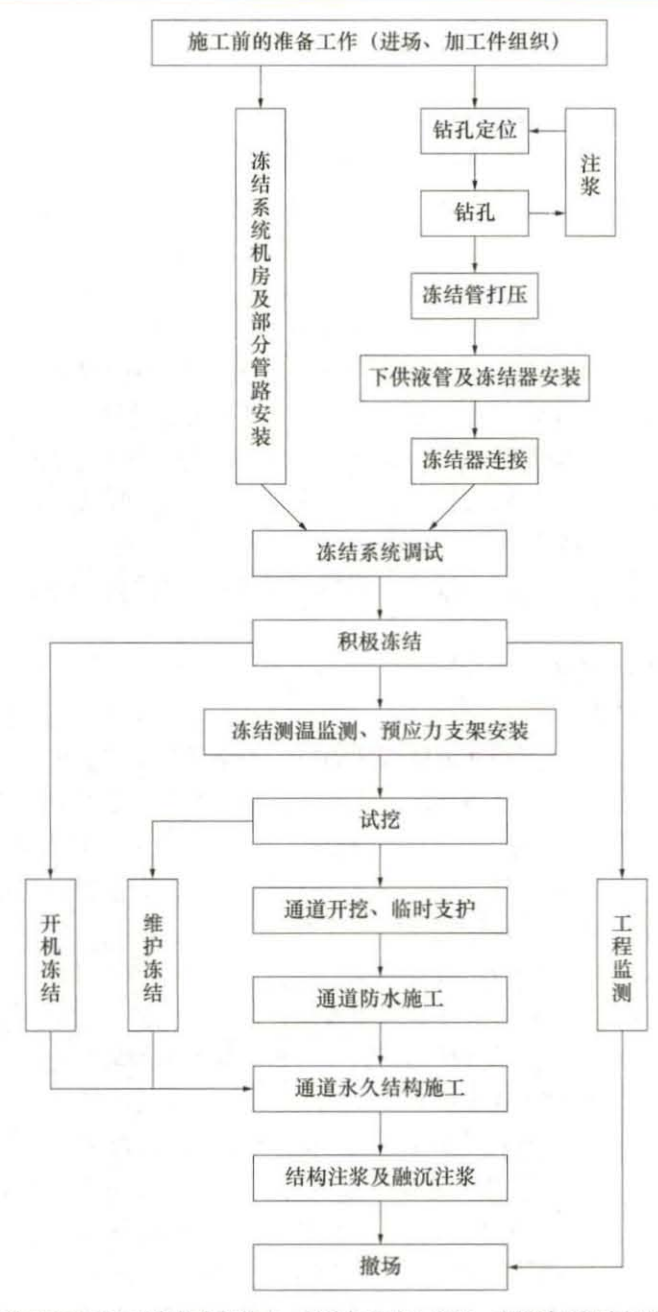
图 1K413012-7　联络通道结构图

Ⅰ—冻结侧通道预留口钢管片；Ⅱ—通道；Ⅲ—冻结侧喇叭口；Ⅳ—对侧喇叭口；Ⅴ—集水井；Ⅵ—对侧门钢管片

我国《地铁设计规范》GB 50157—2013 第 28.2.4 条规定：两条单线区间隧道应设联络通道，相邻两个联络通道之间的距离不应大于 600m，联络通道内应设并列反向开启的甲级防火门，门扇的开启不得侵入限界。

根据线路纵断面设计及区间隧道防、排水要求，在区间线路最低点处设置废水泵房（集水井），一般情况下，废水泵房与该处联络通道合建，即联络通道内设置废水泵房以及废水抽排和人员检修的管道、管道井。联络通道长度一般为 5～9m，通道的出入口高程近似，仅在通道中部设置高点，满足排水要求。

目前，国内地铁的联络通道主要采用暗挖法、超前预支护方法（深孔注浆或冻结法）施工。冻结法联络通道施工工艺流程见图 1K413012-8。



注：积极冻结，就是充分利用设备的全部能力，尽快加速冻土发展，在设计时间内把盐水温度降到设计温度。
维护冻结，就是通过对冻结系统运行参数的调整，提高或保持盐水温度，降低或停止冻土的继续发展，维持结构施工的要求。
维护冻结时间由结构施工的时间决定。

图 1K413012-8 冻结法联络通道施工工艺流程图

在有承压水的砂土地层施工联络通道风险较大，施工时必须引起注意。

1K413013 轻轨交通高架桥梁结构

轻轨交通常与地铁交通组合形成城市轨道交通体系。轻轨交通一般位于城区或郊区，

与地铁交通工程相比，具有施工速度快、投资相对少等优点；但对线路景观要求高，施工工期及环保要求也有所不同。

一、高架桥结构与运行特点

（1）轻轨交通列车的运行速度快，运行频率高，维修时间短。

（2）桥上多铺设无缝线路、无砟轨道结构，因而会对结构形式的选择及上、下部结构的设计造成特别的影响。

（3）高架桥应考虑管线设置或通过要求，并设有紧急进出通道，防止列车倾覆的安全措施及在必要地段设置防噪屏障，还应设有防水、排水措施。

（4）高架桥大都采用预应力或部分预应力混凝土结构，构造简单、结构标准、安全经济、耐久适用，力求既满足城镇景观要求，又与周围环境相协调。

（5）高架桥墩位布置应符合城镇规划要求，跨越铁路、公路、城市道路和河流时的桥下净空应满足有关规范的限界要求；上部结构优先采用预应力混凝土结构，其次才是钢结构，须有足够的竖向和横向刚度。

（6）高架桥应设有降低振动和噪声（设置声屏障）、消除楼房遮光和防止电磁波干扰等系统。

二、高架桥的基本结构

1．高架桥墩台和基础

高架桥墩台的基础应根据当地地质资料确定。当地质情况良好时，应尽可能采用扩大基础。软土地基条件下，为保证基础的承载能力，防止沉陷，宜采用桩基础。

高架桥墩除应有足够的强度和稳定性外，还应结合上部结构的选型使上下部结构协调一致、轻巧美观，并与城市景观和谐、匀称，尽量少占地、透空好，保证桥下行车有较好的视线，给行人一种愉快感。常用的桥墩形式有以下几种。

（1）倒梯形桥墩（见图 1K413013a）：

倒梯形桥墩构造简单，施工方便，受力合理，具有较大的强度、刚度和稳定性，对于单箱单室箱梁和脊梁来说，选用倒梯形桥墩在外观和受力上均较合理。

（2）T 形桥墩（见图 1K413013b）：

T 形桥墩占地面积小，是城镇轻轨高架桥最常用的桥墩形式。这种桥墩既为桥下交通提供最大的空间，又能减轻墩身重量，节约圬工材料，特别适用于高架桥和地面道路斜交的情况。墩身一般为普通钢筋混凝土结构，水平截面有圆形、圆端形、矩形或六角形等形式，具有较大的强度和刚度，与上部结构的轮廓线过渡平顺，受力合理。大伸臂盖梁，承受较大的弯矩和剪力，可采用预应力混凝土结构。墩身高度一般不超过 8～10m。

（3）双柱式桥墩（见图 1K413013c）：

双柱式墩在横向形成钢筋混凝土刚架，受力情况清晰，稳定性好，其盖梁的工作条件较 T 形桥墩的盖梁有利，无须施加预应力，其使用高度一般在 30m 以内。

（4）Y 形桥墩（见图 1K413013d）：

Y 形桥墩结合了 T 形桥墩和双柱式墩的优点，下部成单柱式，质量轻、占地面积少，有利于桥下交通，透空性好，而上部成双柱式，对盖梁工作条件有利，无须施加预应力，造型轻巧，比较美观。

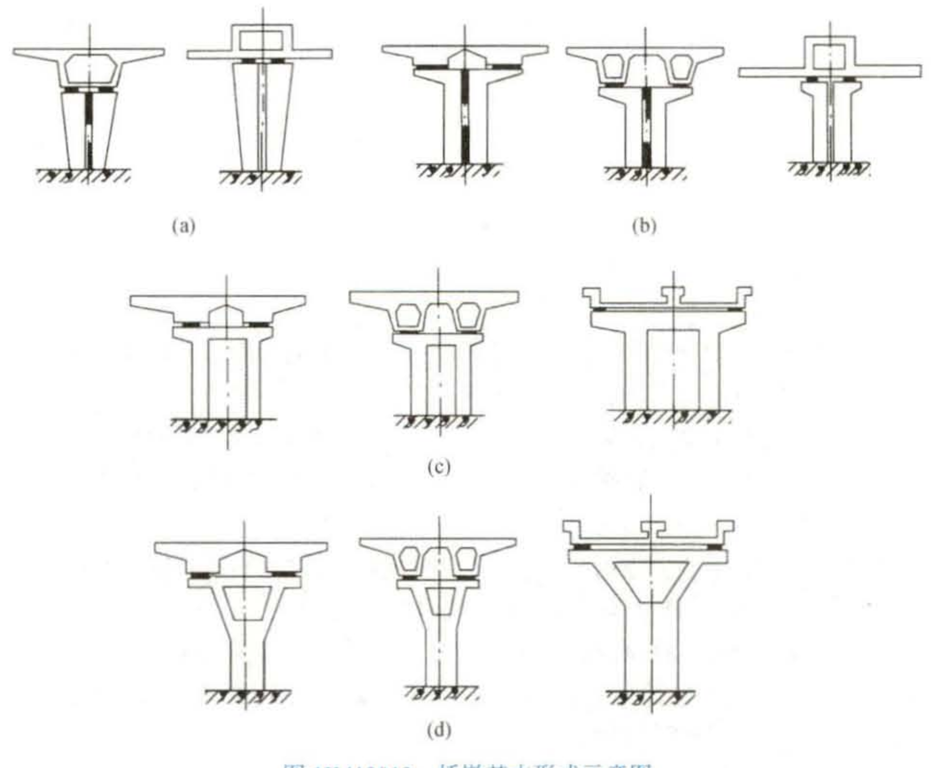


图 1K413013 桥墩基本形式示意图

2. 高架桥的上部结构

站间高架桥可以分为一般地段的桥梁和主要工程节点的桥梁。跨越主要道路、河流及其他市内交通设施的主要工程节点可以采用任何一种适用于城市桥梁的大跨度桥梁结构体系，采用最多的是连续梁、连续刚构、系杆拱。

一般地段的桥梁虽然结构形式简单，然而就工程数量和土建工程造价而言，却可能占据全线高架桥的大部份额，对于城市景观和道路交通功能的影响不可轻视，因此，其结构形式的选择必须慎重，要多方比较。从城市景观和道路交通功能考虑，宜选用较大的桥梁跨径从而给人以通透的舒适感，按桥梁经济跨径的要求，当桥跨结构的造价和下部结构（墩台、基础）造价接近相等时最为经济；从加快施工进度着眼，宜大量采用预制预应力混凝土梁。桥梁形式的选定往往是因地制宜综合考虑的结果。

在建筑高度不受限制，或刻意压低建筑高度得不偿失的场合，一般适用于城市桥或公路桥的正常高度桥跨结构均可用于城市轨道交通的高架桥中。

1K413014 城市轨道交通的轨道结构

轨道（通称为线上）结构是由钢轨、轨枕、连接零件、道床、道岔和其他附属设备等组成的。

一、轨道组成

（一）轨道结构

（1）组成轨道部件的材料其力学性质差异极大，应通过科学、可靠的方式把它们组合

在一起，从而导向列车的运行、承受高速行驶列车的荷载并把荷载传递给支撑轨道结构的基础。

（2）轨道结构应具有足够的强度、刚度、稳定性、耐久性和适量弹性，并满足轨面几何平顺度，以保证列车运行平稳、安全、快速运行和乘客舒适，并应满足减振、降噪要求。

（二）轨道结构特点

城市轨道交通的轨道结构由于线路通常要穿过居民区（地下、地面或高架），所以还要考虑以下一些问题：

（1）为保护城市环境，对噪声控制要求较高，除了车辆结构采取减振措施，以及必要时修筑声屏障外，轨道也应采用相应的减振轨道结构。

（2）轨道交通行车密度大，运营时间长，留给轨道维修作业的时间很短，因而一般采用较强的轨道部件。近年新建轨道交通系统的浅埋隧道和高架桥结构，基本采用无砟道床等少维修轨道结构。

（3）轨道交通车辆一般采用电力牵引，以走行轨作为供电回路。为减小漏泄电流对周围金属设施的腐蚀，要求钢轨与轨下基础有较高的绝缘性能。

（4）受原有街道和建筑物所限，城市轨道交通曲线区段占很大比重，曲线半径一般比常规铁路小得多。在正线半径小于400m的曲线地段，应采用全长淬火钢轨或耐磨钢轨。钢轨铺设前应进行预弯，运营时钢轨应进行涂油以减少磨耗。

二、轨道形式与选择

（一）轨道形式及扣件、轨枕

（1）轨道正线及辅助线钢轨应依据近、远期客流量，并经技术经济综合比较确定，宜采用60kg/m钢轨，也可采用50kg/m钢轨。车场线宜采用50kg/m钢轨。钢轮－钢轨系统轨道的标准轨距应采用1435mm。

钢轮－钢轨系统正线曲线应根据列车运行速度设置超高。

轨道尽端应设置车挡。设在正线、折返线和车辆试车线的车挡应能承受以15km/h速度撞击时的冲击荷载。

（2）不同道床形式的扣件宜符合表1K413014的规定。

扣件类型 表1K413014

道床形式	类型	扣压件	与轨枕连接方式
一般整体道床	弹性分开式	有螺栓弹条、无螺栓弹条	在轨枕预埋套管
高架桥上整体道床		有螺栓弹条、小阻力	
混凝土枕碎石道床	弹性不分开式	有螺栓弹条、无螺栓弹条	在轨枕内预埋螺栓或铁座
木枕碎石道床	弹性分开式	有螺栓弹条、无螺栓弹条	采用螺纹道钉
车场库内整体道床、检查坑			在轨枕或立柱内预埋套管

（二）道床与轨枕

（1）长度大于100m的隧道内和隧道外U形结构地段及高架桥和大于50m的单体桥地段，宜采用短枕式或长枕式整体道床。

（2）地面正线宜采用混凝土枕碎石道床，基底坚实、稳定，排水良好的地面车站地段可采用整体道床。

（3）车场库内线应采用短枕式整体道床，地面出入线、试车线和库外线宜采用混凝土枕碎石道床或木枕碎石道床。

（三）减振结构

（1）一般减振轨道结构可采用无缝线路、弹性分开式扣件和整体道床或碎石道床。

（2）线路中心距离住宅区、宾馆、机关等建筑物小于20m及穿越地段，宜采用较高减振的轨道结构，即在一般减振轨道结构的基础上，采用轨道减振器扣件或弹性短枕式整体道床或具有其他较高减振能力的轨道结构形式。

（3）线路中心距离医院、学校、音乐厅、精密仪器厂、文物保护单位和高级宾馆等建筑物小于20m以及线路直接穿越地段，宜采用特殊减振轨道结构，即在一般减振轨道结构的基础上，采用浮置板整体道床或其他特殊减振轨道结构形式。

（四）隔声屏障

（1）声屏障是位于声源与受声点之间的具有足够面密度的声遮挡结构，利用声源两侧局部地区建造的有限长声屏障可使声源的运行噪声在传播过程中有一显著的附加衰减，从而减弱接收者所在的一定区域内的噪声影响，以改善周围环境的声环境质量。这样的设施就称为声屏障。声屏障的作用是阻挡直达声的传播，隔离透射声，使绕射声有足够的衰减。目前，声屏障已发展成多种多样，按降噪功能可分为扩散反射型声屏障、吸收共振型声屏障、有源降噪声屏障；按结构类型有直立式、折壁式、表面倾斜式、半封闭或全封闭式等；根据不同顶端类型又有倒L形、T形、Y形、圆弧形、鹿角形等。

（2）声屏障是控制噪声特别是交通噪声的重要措施，通过在穿过市区和居住区的轨道交通、高架桥、铁路等交通干线的两侧设置声屏障，实现了其他降噪手段所不能代替的效果。

1K413020 明挖基坑施工

1K413021 地下水控制

地下水控制包括基坑开挖影响深度内的潜水、微承压水与承压水控制，应根据工程地质和水文地质条件、基坑周边环境要求及支护结构形式选用截水、降水、回灌或其组合方法。

一、基本要求

（1）当降水会对基坑周边建筑物、地下管线、道路等造成危害或对环境造成长期不利影响时，应采用截水方法控制地下水。采用悬挂式隔水帷幕时，一般应同时采用坑内降水，并宜根据水文地质条件结合坑外回灌的措施。

（2）水泥土重力式围护和板式支护基坑，应对基坑开挖后地基土的抗渗流或抗管涌稳定性进行验算，合理布置截水帷幕的深度与平面形式。

（3）当地下水位高于基坑开挖面时，需要采用降低地下水方法疏干坑内土层中的地下水。疏干地下水有增加坑内土体强度的作用，有利于控制基坑围护结构的变形。在软土地区基坑开挖深度超过3m，一般就要用井点降水。开挖深度浅时，亦可边开挖边用排水沟

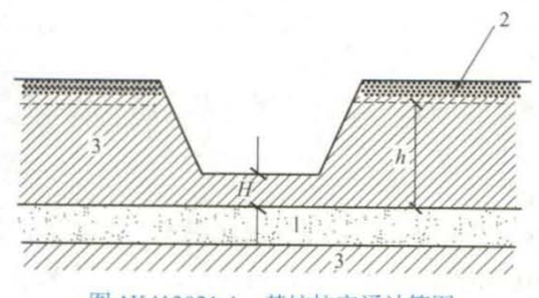


图 1K413021-1　基坑抗突涌计算图
1—承压水含水层；2—承压水位；3—弱透水层

和集水井进行集水明排。

（4）当基坑底为隔水层且层底作用有承压水时，应进行坑底突涌验算，必要时可采取水平封底隔渗或钻孔减压措施，保证坑底土层稳定。当坑底含承压水层且上部土体压重不足以抵抗承压水水头时，应布置降压井降低承压水水头压力，防止承压水突涌，确保基坑施工安全。基坑抗突涌计算如图 1K413021-1 所示，抗突涌安全系数采用下式计算：

$$K=\frac{\gamma H}{\gamma_w h} \qquad (1K413021\text{-}1)$$

式中　H——坑底以下不透水土层厚度（m）；

γ——不透水土层的重力密度（kN/m^3）；

γ_w——水的重力密度（kN/m^3）；

h——承压水水头高度（m）。

一般要求 $K \geqslant 1.05$，否则要布置降压井降压承压水水头。

二、截水

（1）采用隔水帷幕的目的是阻止基坑外地下水流入基坑内部，或减小地下水沿帷幕的水力梯度。截水帷幕的厚度应满足基坑防渗要求，隔（截）水帷幕的渗透系数宜小于 1.0×10^{-6}cm/s。

（2）基坑隔水方法应根据工程地质条件、水文地质条件及施工条件等，选用水泥土搅拌桩帷幕、高压旋喷或摆喷注浆帷幕、地下连续墙或咬合式排桩等。支护结构采用排桩时，可采用水泥土搅拌桩或高压喷射注浆帷幕，采用高压喷射注浆帷幕时应保证桩体有一定搭接宽度。对碎石土、杂填土、泥炭质土或地下水流速较大时，宜通过试验确定高压喷射注浆帷幕的适用性。

（3）当基坑底存在连续分布、埋深较浅的隔水层时，应采用底端进入下卧隔水层的落底式帷幕；落底式帷幕进入下卧隔水层的深度应满足下式要求，且不宜小于 1.5m：

$$l \geqslant 0.2\Delta h_w - 0.5b \qquad (1K413021\text{-}2)$$

式中　l——帷幕进入隔水层的深度（m）；

Δh_w——基坑内外的水头差值（m）；

b——帷幕的厚度（m）。

（4）当坑底以下含水层厚度大而需采用悬挂式帷幕时，帷幕进入透水层的深度应满足地下水沿帷幕底端绕流的渗透稳定性要求，并应对帷幕外地下水位下降引起的基坑周边建筑物、地下管线、地下构筑物沉降进行分析。当不满足渗透稳定性要求时，应采取增加帷幕深度、设置减压井等防止渗透破坏的措施。

（5）隔水帷幕宜采用沿基坑周边闭合的平面布置形式。当采用沿基坑周边非闭合的平面布置形式时，应对地下水沿帷幕两端绕流引起的基坑周边建筑物、地下管线、地下构筑物的沉降进行分析。

（6）采用水泥土搅拌桩帷幕时，搅拌桩桩径宜取 450～800mm，搅拌桩的搭接宽度应符合下列规定：

1）单排搅拌桩帷幕的搭接宽度：当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 150mm；当搅拌深度为 10～15m 时，不应小于 200mm；当搅拌深度大于 15m 时，不应小于 250mm。

2）对地下水位较高、渗透性较强的地层，宜采用双排搅拌桩截水帷幕；搅拌桩的搭接宽度：当搅拌深度不大于 10m 时，不应小于 100mm；当搅拌深度为 10～15m 时，不应小于 150mm；当搅拌深度大于 15m 时，不应小于 200mm。

3）搅拌桩水泥浆液的水灰比宜取 0.6～0.8。搅拌桩的水泥掺量宜取土的天然重力密度的 15%～20%。

（7）采用高压旋喷、摆喷注浆帷幕时，旋喷注浆固结体的有效直径、摆喷注浆固结体的有效半径宜通过试验确定；缺少试验时，可根据土的类别及其密实程度、高压喷射注浆工艺，按工程经验采用。摆喷帷幕的喷射方向与摆喷点连线的夹角宜取 10°～25°，摆动角度宜取 20°～30°。帷幕的水泥土固结体搭接宽度，当注浆孔深度不大于 10m 时，不应小于 200mm；当注浆孔深度为 10～20m 时，不应小于 250mm；当注浆孔深度为 20～30m 时，不应小于 350mm。对地下水位较高、渗透性较强的地层，可采用双排高压喷射注浆帷幕。高压喷射注浆水泥浆液的水灰比宜取 0.9～1.1，水泥掺量宜取土的天然重力密度的 25%～40%。当土层中地下水流速高时，宜掺入外加剂改善水泥浆液的稳定性与固结性。

三、降水

（一）降水的作用

在地下水位以下开挖基坑时，采用降水的作用是：

（1）截住坡面及基底的渗水。

（2）增加边坡的稳定性，并防止边坡或基底的土粒流失。

（3）减少被开挖土体含水量，便于机械挖土、土方外运、坑内施工作业。

（4）有效提高土体的抗剪强度与基坑稳定性。对于放坡开挖而言，可提高边坡稳定性。对于支护开挖，可增加被动土压区土抗力，减少主动土压区土体侧压力，从而提高支护体系的稳定性，减少支护体系的变形。

（5）减小承压水头对基坑底板的顶托力，防止坑底突涌。

（二）工程降水方法的选用

工程降水有多种方法，可根据土层情况、渗透性、降水深度、地下水类型等因素参照表 1K413021 选择和设计。

工程降水方法的选用　　表 1K413021

降水方法＼适用条件		土质类别	渗透系数（m/d）	降水深度（m）
集水明排		填土、黏性土、粉土、砂土、碎石土	—	—
降水井	真空井点	粉质黏土、粉土、砂土	0.01~20.0	单级≤6，多级≤12
	喷射井点	粉土、砂土	0.1~20.0	≤20
	管井	粉土、砂土、碎石土、岩石	>1	不限

续表

降水方法 \ 适用条件		土质类别	渗透系数（m/d）	降水深度（m）
降水井	渗井	粉质黏土、粉土、砂土、碎石土	＞0.1	由下伏含水层的埋藏条件和水头条件确定
	辐射井	黏性土、粉土、砂土、碎石土	＞0.1	4～20
	电渗井	黏性土、淤泥、淤泥质黏土	≤0.1	≤6
	潜埋井	粉土、砂土、碎石土	＞0.1	≤2

（三）集水明排

（1）当基坑开挖不很深，基坑涌水量不大时，集水明排法是应用最广泛，亦是最简单、经济的方法。明沟、集水井排水多是在基坑的两侧或四周设置排水明沟，在基坑四角或每隔30～50m设置集水井，使基坑渗出的地下水通过排水明沟汇集于集水井内，然后用水泵将其排出基坑外（见图1K413021-2）。

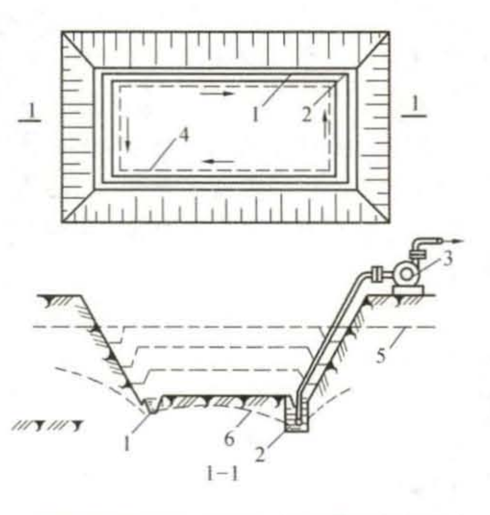


图1K413021-2 明沟、集水井排水方法

1—排水明沟；2—集水井；3—离心式水泵；4—设备基础或建筑物基础边线；5—原地下水位线；6—降低后地下水位线

（2）明沟宜布置在拟建建筑基础边0.4m以外，沟边缘离开边坡坡脚应不小于0.3m。明沟的底面应比挖土面低0.3～0.4m。集水井底面应比沟底面低0.5m以上，并随基坑的挖深而加深，以保持水流畅通。明沟的坡度不宜小于0.3%，沟底应采取防渗措施。

（3）集水井的净截面尺寸应根据排水流量确定；集水井应采取防渗措施。

（4）明沟、集水井排水，视水量多少连续或间断抽水，直至基础施工完毕、回填土为止。

（5）集水明排设施与市政管网连接口之间应设置沉淀池。明沟、集水井、沉淀池使用时应保持排水畅通并应随时清理淤积物。

（6）当基坑开挖的土层由多种土组成，中部夹有透水性好的砂类土，基坑侧壁出现渗水时，可在基坑边坡上透水处分别设置明沟和集水井构成集水明排系统，分层阻截和排除上部土层中的地下水，避免上层地下水冲刷基坑下部造成边坡塌方。

（四）井点降水

（1）当基坑开挖较深，基坑涌水量大，且有围护结构时，应选择井点降水方法。即用真空（轻型）井点、喷射井点或管井深入含水层内，用不断抽水方式使地下水位下降至坑底以下，以方便土方开挖。

（2）轻型井点布置应根据基坑平面形状与大小、地质和水文情况、工程性质、降水深度等而定。当基坑（槽）宽度小于6m且降水深度不超过6m时，可采用单排井点，布置在地下水上游一侧；当基坑（槽）宽度大于6m或土质不良，渗透系数较大时，宜采用双排井点，布置在基坑（槽）的两侧；当基坑面积较大时，宜采用环形井点。挖土运输设备

出入道可不封闭，间距可达4m，一般留在地下水下游方向。

（3）轻型井点宜采用金属管，井管距坑壁不应小于1.0～1.5m（距离太小易漏气）。井点间距一般为0.8～1.6m。集水总管标高宜尽量接近地下水位线并沿抽水水流方向有0.25%～0.5%的上仰坡度，水泵轴心与总管齐平。井点管的入土深度应根据降水深度及储水层所有位置决定，但必须将滤水管埋入含水层内，并且比挖基坑（沟、槽）底深0.9～1.2m，井点管的埋置深度应经计算确定。

（4）真空井点和喷射井点可选用清水或泥浆钻进、高压水套管冲击工艺（钻孔法、冲孔法或射水法），对不易塌孔、缩颈地层也可选用长螺旋钻机成孔；喷射井点深度应比设计开挖深度大3.0～5.0m。钻进到设计深度后，应注水冲洗钻孔、稀释孔内泥浆。孔壁与井管之间的滤料应填充密实、均匀，宜采用中粗砂，滤料上方宜使用黏土封堵，封堵至地面的厚度应大于1m。

（5）管井的滤管可采用无砂混凝土滤管、钢筋笼、钢管或铸铁管。成孔工艺应适合地层特点，对不易塌孔、缩径地层宜采用清水钻进；采用泥浆护壁钻孔时，应在钻进到孔底后清除孔底沉渣并立即置入井管、注入清水，当泥浆相对密度不大于1.05时，方可投入滤料。滤管内径应按满足单井设计流量要求而配置的水泵规格确定，管井成孔直径应满足填充滤料的要求；滤管与孔壁之间填充的滤料宜选用磨圆度好的硬质岩石成分的圆砾，不宜采用棱角形石渣料、风化料或其他黏质岩石成分的砾石。井管底部应设置沉砂段。

四、回灌

（1）当基坑周围存在需要保护的建（构）筑物或地下管线且基坑外地下水位降幅较大时，可采用地下水人工回灌措施。浅层潜水回灌宜采用回灌砂井和回灌砂沟，微承压水与承压水回灌宜采用回灌井。实施地下水人工回灌措施时，应设置水位观测井。

（2）当采用坑内减压降水时，坑外回灌井深度不宜超过承压含水层中隔水帷幕的深度，以免影响坑内减压降水效果。当采用坑外减压降水时，回灌井与减压井的间距不宜小于6m。回灌井的深度、间距应通过计算确定。

（3）回灌井可分为自然回灌井与加压回灌井。自然回灌井的回灌压力与回灌水源的压力相同，宜为0.1～0.2MPa。加压回灌井的回灌压力宜为0.2～0.5MPa，回灌压力不宜超过过滤器顶端以上的覆土重量。

（4）回灌井施工结束至开始回灌，应至少有2～3周的时间间隔，以保证管井周围止水封闭层充分密实，防止或避免回灌水沿管井周围向上反渗、从地面喷溢等情况发生。管井外侧止水封闭层顶至地面之间，宜用素混凝土充填密实。

五、基坑的隔（截）水帷幕与坑内外降水

基坑的隔（截）水帷幕（或可以隔水的围护结构）周围的地下水渗流特征与降水目的、隔水帷幕的深度和含水层位置有关，利用这些关系布置降水井可以提高降水的效率，减少降水对环境的影响。隔（截）水帷幕与降水井布置大致可分成三种情况，需要依据有关条件综合考虑。

（1）隔水帷幕隔断降水含水层：

基坑隔水帷幕深入降水含水层的隔水底板中，井点降水以疏干基坑内的地下水为目的，即为前面所述的落底式帷幕，见图1K413021-3。这类隔水帷幕将基坑内的地下水与

基坑外的地下水分隔开来，基坑内、外地下水无水力联系。此时，应把降水井布置于坑内，降水时，基坑外地下水不受影响。

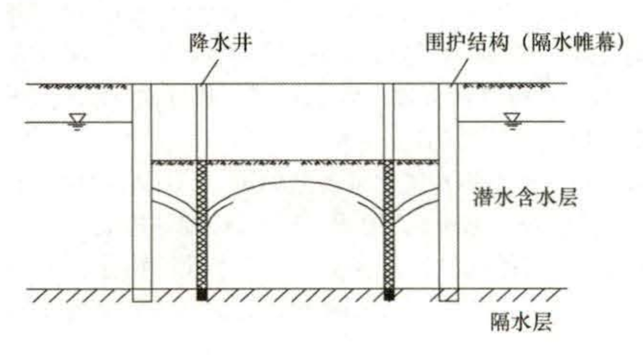


图 1K413021-3 隔水帷幕深入降水含水层底板

（2）隔水帷幕底位于承压水含水层隔水顶板中：

隔水帷幕位于承压水含水层顶板中，通过井点降水降低基坑下部承压含水层的水头，以防止基坑底板隆起或承压水突涌为目的，见图 1K413021-4。这类隔水帷幕未将基坑内、外承压含水层分隔开。由于不受围护结构的影响，基坑内、外地下水连通，这类井点降水影响范围较大。此时，应把降水井布置于基坑外侧。因为即使布置在坑内，降水依然会对基坑外围有明显影响，如果布置在基坑内反而会多出封井问题。

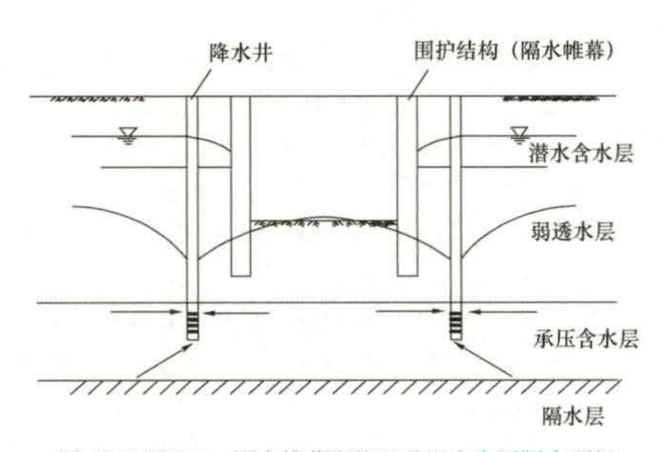


图 1K413021-4 隔水帷幕底位于承压含水层隔水顶板

（3）隔水帷幕底位于承压水含水层中：

隔水帷幕底位于承压水含水层中，如果基坑开挖较浅，坑底未进入承压水含水层，井点降水以降低承压水水头为目的；如果基坑开挖较深，坑底已经进入承压水含水层，井点降水前期以降低承压水水头为目的，后期以疏干承压含水层为目的，见图 1K413021-5。这类隔水帷幕底位于承压水含水层中，基坑内、外承压含水层部分被隔水帷幕隔开，仅含水层下部未被隔开。由于受围护结构的阻挡，在承压含水层上部基坑内、外地下水不连续，下部含水层连续相通，地下水呈三维流态。随着基坑内水位降深的加大，基坑内、外水位相差较大。在这类情况下，应把降水井布置于坑内侧，这样可以明显减少降水对环境的影响，而且隔水帷幕插入承压含水层越深，这种优势越明显。

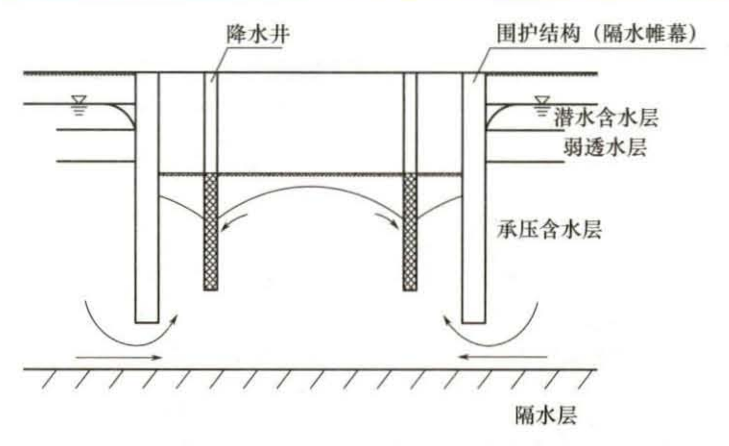


图 1K413021-5 隔水帷幕底位于承压水含水层中

1K413022 深基坑支护结构与边坡防护

基坑工程是由地面向下开挖一个地下空间，深基坑四周一般设置垂直的挡土围护结构，围护结构一般是在开挖面基底下有一定插入深度的板（桩）墙结构。板（桩）墙有悬臂式、单撑式、多撑式。支撑结构起减小围护结构变形，控制墙体弯矩的作用，分为内撑和外锚两种形式。以下主要以地铁车站基坑为主介绍基坑开挖支护与边坡防护。

一、围护结构

（一）基坑围护结构体系

（1）基坑围护结构体系包括板（桩）墙、围檩（冠梁）及其他附属构件。板（桩）墙主要承受基坑开挖卸荷所产生的土压力和水压力，并将此压力传递到支撑，是稳定基坑的一种施工临时挡墙结构。

（2）地铁基坑所采用的围护结构形式很多，其施工方法、工艺和所用的施工机具也各异，因此，应根据基坑深度、工程地质和水文地质条件、地面环境条件等（特别要考虑到城市施工特点），经技术经济综合比较后确定。

（二）深基坑围护结构类型

（1）在我国应用较多的有排桩、地下连续墙、重力式挡墙，以及这些结构的组合形式等。

（2）不同类型围护结构的特点见表 1K413022-1。

不同类型围护结构的特点 表 1K413022-1

类型		特点
排桩	预制混凝土板桩	① 预制混凝土板桩施工较为困难，对机械要求高，而且挤土现象很严重； ② 桩间采用槽榫接合方式，接缝效果较好，有时需辅以止水措施； ③ 自重大，受起吊设备限制，不适合大深度基坑
	钢板桩	① 成品制作，可反复使用； ② 施工简便，但施工有噪声； ③ 刚度小，变形大，与多道支撑结合，在软弱土层中也可采用； ④ 新的时候止水性尚好，如有漏水现象，需增加防水措施

续表

类型		特点
排桩	钢管桩	① 截面刚度大于钢板桩，在软弱土层中开挖深度大； ② 需有防水措施相配合
	灌注桩	① 刚度大，可用在深大基坑； ② 施工对周边地层、环境影响小； ③ 需降水或和止水措施配合使用，如搅拌桩、旋喷桩等
	SMW 工法桩	① 强度大，止水性好； ② 内插的型钢可拔出反复使用，经济性好； ③ 具有较好发展前景，国内上海等城市已有工程实践； ④ 用于软土地层时，一般变形较大
重力式水泥土挡墙 / 水泥土搅拌桩挡墙		① 无支撑，墙体止水性好，造价低； ② 墙体变位大
地下连续墙		① 刚度大，开挖深度大，可适用于所有地层； ② 强度大，变位小，隔水性好，同时可兼作主体结构的一部分； ③ 可邻近建筑物、构筑物使用，环境影响小； ④ 造价高

1）预制混凝土板桩：

常用钢筋混凝土板桩截面的形式有四种：矩形、T 形、工字形及口字形。矩形截面板桩制作较方便，桩间采用槽榫接合方式，接缝效果较好，是使用最多的一种形式；T 形截面由翼缘和加劲肋组成，其抗弯能力较大，但施打较困难，翼缘直接起挡土作用，加劲肋则用于加强翼缘的抗弯能力，并将板桩上的侧压力传至地基土，板桩间的搭接一般采用踏步式止口；工字形薄壁板桩的截面形状较合理，因此受力性能好、刚度大、材料省，易于施打，挤土也少；口字形截面一般由两块槽形板现浇组合成整体，在未组合成口字形前，槽形板的刚度较小。

预制混凝土板桩施工较为困难，对机械要求高，且挤土现象很严重，加之混凝土板桩一般不能拔出，因此，它在永久性的支护结构中使用较为广泛，但国内基坑工程中使用不很普遍。

2）钢板桩与钢管桩：

钢板桩强度高，桩与桩之间的连接紧密，隔水效果好，具有施工灵活、板桩可重复使用等优点，是基坑常用的一种挡土结构。但由于板桩打入时有挤土现象，而拔出时则又会将土带出，造成板桩位置出现空隙，这对周边环境都会造成一定影响。而且板桩的长度有限，其适用的开挖深度也受到限制，一般最大开挖深度在 7～8m。板桩的形式有多种，拉森型是最常用的，在基坑较浅时也可采用大规格的槽钢（采用槽钢且有地下水时要辅以必要的降水措施）。采用钢板桩作支护结构时在其上口及支撑位置需用钢围檩将其连接成整体，并根据深度设置支撑或拉锚。

钢板桩断面形式较多，常用的形式多为 U 形或 Z 形。我国地下铁道施工中多用 U 形钢板桩，其沉放和拔除方法、使用的机械均与工字钢桩相同，但其构成方法则可分为单层钢板桩、双层钢板桩及帷幕等。由于地铁施工时基坑较深，为保证其垂直度且方便施工，并使其能封闭合龙，多采用帷幕式构造。

钢板桩与其他排桩围护相比，一般刚度较低，这就对围檩的强度、刚度和连续性提出了更高的要求。其止水效果也与钢板桩的新旧、整体性及施工质量有关。在含地下水的砂土地层施工时，要保证齿口咬合，并应使用专门的角桩，以保证止水效果。

为提高钢板桩的刚度以适用于更深的基坑，可采用组合式形式，也可用钢管桩。但钢管桩的施工难度相比于钢板桩更高，由于锁口止水效果难以保证，需有防水措施相配合。

3）钻孔灌注桩围护结构：

钻孔灌注桩一般采用机械成孔。地铁明挖基坑中多采用螺旋钻机、冲击式钻机和正反循环钻机、旋挖钻等。对正反循环钻机，由于其采用泥浆护壁成孔，故成孔时噪声低，适于城区施工，在地铁基坑和高层建筑深基坑施工中得到广泛应用。

对悬臂式排桩，桩径宜大于或等于 600mm；对拉锚式或支撑式排桩，桩径宜大于或等于 400mm；排桩的中心距不宜大于桩直径的 2 倍。桩身混凝土强度等级不宜低于 C25。排桩顶部应设置混凝土冠梁。混凝土灌注桩宜采取间隔成桩的施工顺序；应在混凝土终凝后，再进行相邻桩的成孔施工。

钻孔灌注桩围护结构经常与止水帷幕联合使用，止水帷幕一般采用深层搅拌桩。如果基坑上部受环境条件限制时，也可采用高压旋喷桩止水帷幕，但要保证高压旋喷桩止水帷幕施工质量。近年来，素混凝土桩与钢筋混凝土桩间隔布置的钻孔咬合桩也有较多应用，此类结构可直接作为止水帷幕。

4）SMW 工法桩（型钢水泥土搅拌墙）：

SMW 工法桩围护墙是利用搅拌设备就地切削土体，然后注入水泥类混合液搅拌形成均匀的水泥土搅拌墙，最后在墙中插入型钢，即形成一种劲性复合围护结构，具体施工工艺流程见图 1K413022-1。此类结构在上海等软土地区有较多应用。

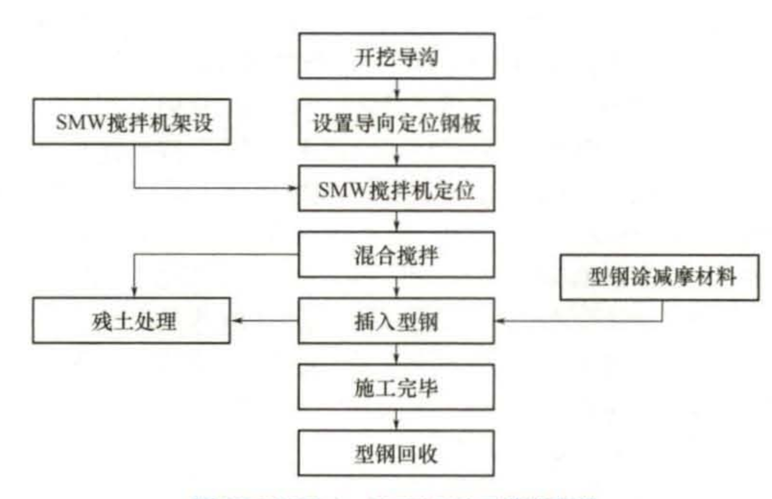


图 1K413022-1 SMW 工法工艺流程图

型钢水泥土搅拌墙中三轴水泥土搅拌桩的直径宜采用 650mm、850mm、1000mm；内插的型钢宜采用 H 形钢。搅拌桩 28d 龄期无侧限抗压强度不应小于设计要求且不宜小于 0.5MPa，水泥宜采用强度等级不低于 P・O 42.5 级的普通硅酸盐水泥，材料用量和水胶比应结合土质条件和机械性能等指标通过现场试验确定。在填土、淤泥质土等特别软弱的土中以及在较硬的砂性土、砂砾土中，钻进速度较慢时，水泥用量宜适当提高。在砂性土中

搅拌桩施工宜外加膨润土。

当搅拌桩直径为650mm时，内插H形钢截面宜采用H500×300、H500×200；当搅拌桩直径为850mm时，内插H形钢截面宜采用H700×300；当搅拌桩直径为1000mm时，内插H形钢截面宜采用H800×300、H850×300。型钢水泥土搅拌墙中型钢的间距和平面布置形式应根据计算确定，常用的内插型钢布置形式可采用密插型、插二跳一型和插一跳一型三种。单根型钢中焊接接头不宜超过两个，焊接接头的位置应避免设在支撑位置或开挖面附近等型钢受力较大处；相邻型钢的接头竖向位置宜相互错开，错开距离不宜小于1m，且型钢接头距离基坑底面不宜小于2m。拟拔出回收的型钢，插入前应先在干燥条件下除锈，再在其表面涂刷减摩材料。

5）重力式水泥土挡墙：

深层搅拌桩是用搅拌机械将水泥、石灰等和地基土相拌合，形成相互搭接的格栅状结构形式，也可相互搭接成实体结构形式。采用格栅形式时，要满足一定的面积转换率，对淤泥质土，不宜小于0.7；对淤泥，不宜小于0.8；对一般黏性土、砂土，不宜小于0.6。由于采用重力式结构，开挖深度不宜大于7m。对嵌固深度和墙体宽度也要有所限制，对淤泥质土，嵌固深度不宜小于1.2*h*（*h*为基坑挖深），宽度不宜小于0.7*h*；对淤泥，嵌固深度不宜小于1.3*h*，宽度不宜小于0.8*h*。

水泥土挡墙的28d无侧限抗压强度不宜小于0.8MPa。当需要增加墙体的抗拉性能时，可在水泥土桩内插入钢筋、钢管或毛竹等杆筋。杆筋插入深度宜大于基坑深度，并应锚入面板内。面板厚度不宜小于150mm，混凝土强度等级不宜低于C15。

6）地下连续墙：

地下连续墙主要有预制钢筋混凝土连续墙和现浇钢筋混凝土连续墙两类，通常地下连续墙一般指后者。地下连续墙有如下优点：施工时振动小、噪声低，墙体刚度大，对周边地层扰动小；可适用于多种土层，除夹有孤石、大颗粒卵砾石等局部障碍物时影响成槽效率外，对黏性土、无黏性土、卵砾石层等各种地层均能高效成槽。

地下连续墙施工采用专用的挖槽设备，沿着基坑的周边，按照事先划分好的幅段，开挖狭长的沟槽。目前使用的成槽机械，按其工作原理可分为抓斗式、冲击式和回转式等类型。地下连续墙的一字形槽段长度宜取4～6m。当成槽施工可能对周边环境产生不利影响或槽壁稳定性较差时，应取较小的槽段长度。必要时，宜采用搅拌桩对槽壁进行加固；地下连续墙的转角处或有特殊要求时，单元槽段的平面形状可采用L形、T形等。

每个幅段的沟槽开挖结束后，在槽段内放置钢筋笼，并浇筑水下混凝土。将若干个幅段通过锁口管接头等构造连成一个整体，形成一个连续的地下墙体，即现浇钢筋混凝土壁式连续墙，具体施工工艺流程见图1K413022-2。

地下连续墙的槽段接头应按下列原则选用：

① 地下连续墙宜采用圆形锁口管接头、波纹管接头、楔形接头、工字钢接头或混凝土预制接头等柔性接头。

② 当地下连续墙作为主体地下结构外墙，且需要形成整体墙体时，宜采用刚性接头；刚性接头可采用一字形或十字形穿孔钢板接头、钢筋承插式接头等；在采取地下连续墙顶设置通长的冠梁、墙壁内侧槽段接缝位置设置结构壁柱、基础底板与地下连续墙刚性连接等措施时，也可采用柔性接头。

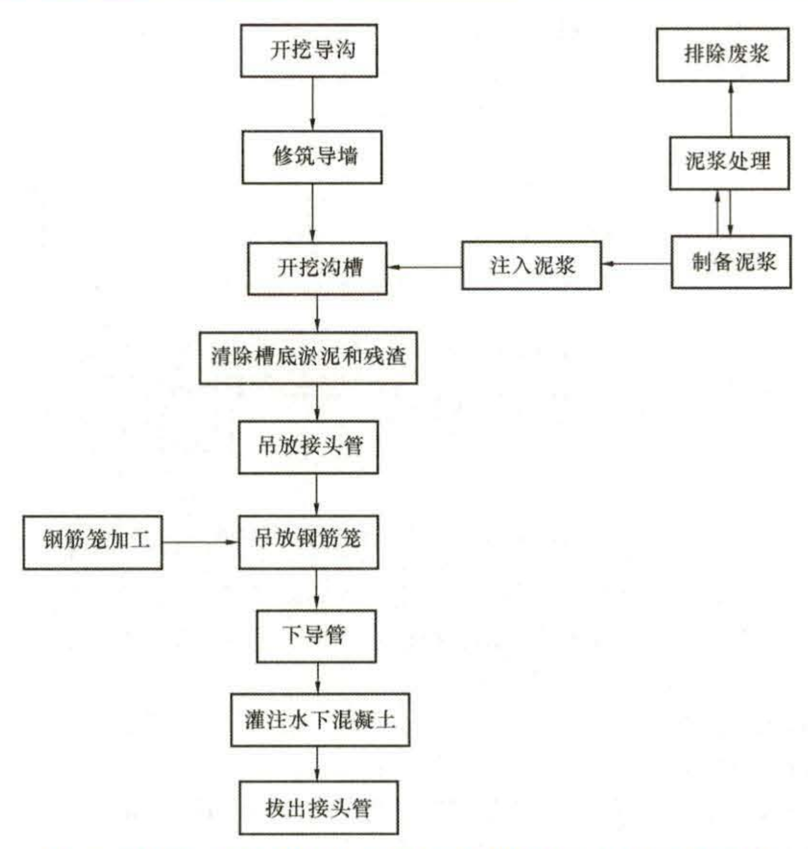


图 1K413022-2 现浇钢筋混凝土壁式地下连续墙幅段的施工工艺流程

导墙是控制挖槽精度的主要构筑物，导墙结构应建于坚实的地基之上，其主要作用有：

① 挡土：在挖掘地下连续墙沟槽时，地表土松软容易坍陷，因此在单元槽段挖完之前，导墙起挡土作用。

② 基准作用：导墙作为测量地下连续墙挖槽标高、垂直度和精度的基准。

③ 承重：导墙既是挖槽机械轨道的支承，又是钢筋笼接头管等搁置的支点，有时还承受其他施工设备的荷载。

④ 存蓄泥浆：导墙可存蓄泥浆，稳定槽内泥浆液面。泥浆液面始终保持在导墙面以下 20cm，并高出地下水位 1m，以稳定槽壁。

⑤ 其他：导墙还可防止泥浆漏失，阻止雨水等地面水流入槽内；地下连续墙距现有建（构）筑物很近时，在施工时还起到一定的补强作用。

导墙一般为现浇钢筋混凝土结构，应具有必要的强度、刚度和精度，要满足挖槽机械的施工要求。

确定导墙形式时应考虑下列因素：开挖范围的地质条件，荷载情况，地下连续墙施工时对邻近建（构）筑物可能产生的影响，地下水状况。当施工作业面在地面以下（如在路面以下施工）时还要考虑对先施工临时支护结构的影响。

导墙的形式如图 1K413022-3 所示，其中（a）、（b）断面最简单，它适用于表层土质良好和导墙上荷载较小的情况；（c）、（d）为应用较多的两种，适用于表层土为杂填土、软黏土等承载能力较弱的土层，因而将导墙做成倒“L”形或“][”形；（e）适用于作用

在导墙上荷载很大的情况，可根据荷载计算其伸出部分的长度；(f) 适用于相邻建（构）筑物一侧需加强的情况，以保护建（构）筑物；(g) 适用于地下水位高的土层，须将导墙提高，以保持泥浆面距地下水位 1m，导墙提高后两边要填土找平。

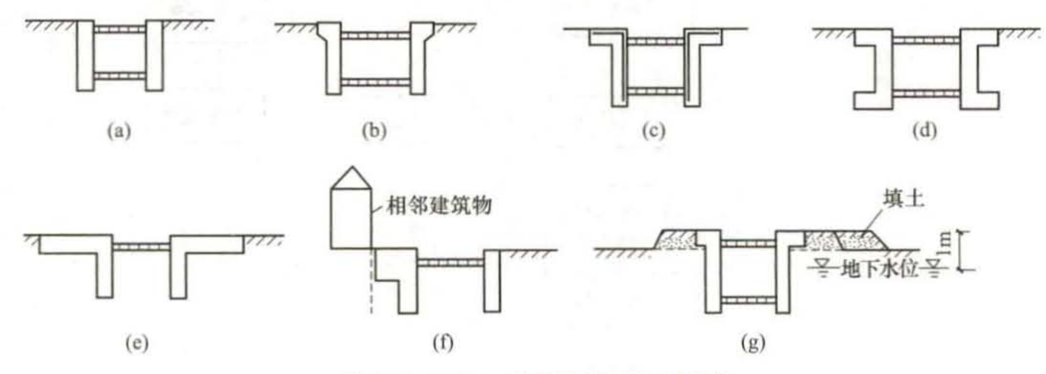


图 1K413022-3　地下连续墙导墙形式

在开挖过程中，为保证槽壁的稳定，采用特制的泥浆护壁。泥浆应根据地质和地面沉降控制要求经试配确定，并在泥浆配制和挖槽施工中对泥浆的相对密度、黏度、含砂率和 pH 值等主要技术性能指标进行检验和控制。

二、支撑结构类型

（一）支撑结构体系

（1）内支撑有钢撑、钢管撑、钢筋混凝土撑及钢与钢筋混凝土的混合支撑等；外拉锚有拉锚和土锚两种形式。

（2）在软弱地层的基坑工程中，支撑结构承受围护墙所传递的土压力、水压力。支撑结构挡土的应力传递路径是围护（桩）墙→围檩（冠梁）→支撑；在地质条件较好的有锚固力的地层中，基坑支撑可采用土锚和拉锚等外拉锚形式。

（3）在深基坑的施工支护结构中，常用的支撑系统按其材料可分为现浇钢筋混凝土支撑体系和钢支撑体系两类，其形式和特点见表 1K413022-2。

两类支撑体系的形式和特点　　表 1K413022-2

材料	截面形式	布置形式	特点
现浇钢筋混凝土	可根据断面要求确定断面形状和尺寸	有对撑、边桁架、环梁结合边桁架等，形式灵活多样	混凝土结硬后刚度大，变形小，强度的安全、可靠性强，施工方便，但支撑浇制和养护时间长，围护结构处于无支撑的暴露状态的时间长、软土中被动土压区土体位移大，如对控制变形有较高要求时，需对被动土压区软土加固。施工工期长，拆除困难，爆破拆除对周围环境有影响
钢结构	单钢管、双钢管、单工字钢、双工字钢、H 形钢、槽钢及以上钢材的组合	竖向布置有水平撑、斜撑；平面布置形式一般为对撑、井字撑、角撑。也可与钢筋混凝土支撑结合使用，但要谨慎处理变形协调问题	装、拆除施工方便，可周转使用，支撑中可加预应力，可调整轴力而有效控制围护墙变形；施工工艺要求较高，如节点和支撑结构处理不当，或施工支撑不及时、不准确，会造成失稳

现浇钢筋混凝土支撑体系由围檩（圈梁）、对撑及角撑、立柱和其他附属构件组成。

钢结构支撑（钢管、型钢支撑）体系通常为装配式的，由围檩、角撑、对撑、预应力设备（包括千斤顶自动调压或人工调压装置）、轴力传感器、支撑体系监测监控装置、立柱及其他附属装配式构件组成。

（二）支撑体系的布置及施工

1. 内支撑体系的布置原则

（1）宜采用受力明确、连接可靠、施工方便的结构形式。

（2）宜采用对称平衡性、整体性强的结构形式。

（3）应与主体结构的结构形式、施工顺序协调，以便于主体结构施工。

（4）应利于基坑土方开挖和运输。

（5）有时，可利用内支撑结构施作施工平台。

2. 内支撑体系的施工

（1）内支撑结构的施工与拆除顺序应与设计一致，必须坚持先支撑后开挖的原则。

（2）围檩与围护结构之间紧密接触，不得留有缝隙。如有间隙应用强度不低于 C30 的细石混凝土填充密实或采用其他可靠连接措施。

（3）钢支撑应按设计要求施加预压力，当监测到预加压力出现损失时，应再次施加预压力。

（4）支撑拆除应在替换支撑的结构构件达到换撑要求的承载力后进行。当主体结构的底板和楼板分块浇筑或设置后浇带时，应在分块部位或后浇带处设置可靠的传力构件。支撑拆除应根据支撑材料、形式、尺寸等具体情况采用人工、机械和爆破等方法。

三、边坡防护

（一）基坑边（放）坡

（1）地质条件、现场条件等允许时，通常采用放坡开挖基坑形式修建地下工程或构筑物的地下部分。此时保持基坑边坡的稳定是非常重要的，当基坑边坡土体中的剪应力大于土体的抗剪强度时，边坡就会失稳坍塌。一旦边坡坍塌，不但地基受到扰动，影响承载力，而且也影响周围地下管线、地面建筑物、交通和人身安全。

（2）基坑放坡基本要求：

放坡应以控制分级坡高和坡度为主，必要时辅以局部支护和防护措施，放坡设计与施工时应考虑雨水的不利影响。

当条件许可时，应优先采取坡率法控制边坡的高度和坡度。坡率法是指无须对边坡整体进行加固而自身稳定的一种人工边坡设计方法。土质边坡的坡率允许值应根据经验，按工程类比原则并结合已有稳定边坡的坡率值分析确定。当无经验，且土质均匀良好、地下水贫乏、无不良地质现象和地质环境条件简单时，可参照表 1K413022-3（《建筑边坡工程技术规范》GB 50330—2013）的规定。

土质边坡坡率允许值　　表 1K413022-3

边坡土体类别	状态	坡率允许值（高宽比）	
		坡高小于 5m	坡高 5～10m
碎石土	密实	1：0.35～1：0.50	1：0.50～1：0.75
	中密	1：0.50～1：0.75	1：0.75～1：1.00
	稍密	1：0.75～1：1.00	1：1.00～1：1.25

续表

边坡土体类别	状态	坡率允许值（高宽比）	
		坡高小于 5m	坡高 5～10m
黏性土	坚硬 硬塑	1：0.75～1：1.00 1：1.00～1：1.25	1：1.00～1：1.25 1：1.25～1：1.50

注：①表中的碎石土充填物为坚硬和硬塑状态的黏性土。
②对于砂土和充填物为砂土的碎石土，其边坡坡率的允许值应按自然休止角确定。

按是否设置分级过渡平台，边坡可分为一级放坡和分级放坡两种形式。在场地土质较好、基坑周围具备放坡条件、不影响相邻建筑物的安全及正常使用的情况下，宜采用全深度放坡或部分深度放坡。而在分级放坡时，宜设置分级过渡平台。分级过渡平台的宽度应根据土（岩）质条件、放坡高度及施工场地条件确定，对于岩石边坡不宜小于 0.5m，对于土质边坡不宜小于 1.0m。下级放坡坡度宜缓于上级放坡坡度。

（3）基坑边坡稳定控制措施：

1）根据土层的物理力学性质及边坡高度确定基坑边坡坡度，并于不同土层处做成折线形边坡或留置台阶。

2）施工时严格按照设计坡度进行边坡开挖，不得挖反坡。

3）在基坑周围影响边坡稳定的范围内，应对地面采取防水、排水、截水等防护措施，禁止雨水等地面水浸入土体，保持基底和边坡的干燥。

4）严格禁止在基坑边坡坡顶较近范围堆放材料、土方和其他重物以及停放或行驶较大的施工机械。

5）对于土质边坡或易于软化的岩质边坡，在开挖时应及时采取相应的排水和坡脚、坡面防护措施。

6）在整个基坑开挖和地下工程施工期间，应严密监测坡顶位移，随时分析监测数据。当边坡有失稳迹象时，应及时采取削坡、坡顶卸荷、坡脚压载或其他有效措施。

（4）护坡措施：

放坡开挖时应及时作好坡脚、坡面的防护措施。常用的防护措施有：

1）叠放砂包或土袋：用草袋、纤维袋或土工织物袋装砂（或土），沿坡脚叠放一层或数层，沿坡面叠放一层。

2）水泥砂浆或细石混凝土抹面：在人工修平坡面后，用水泥砂浆或细石混凝土抹面，厚度宜为 30～50mm，并用水泥砂浆砌筑砖石护坡脚，同时，将坡面水引入基坑排水沟。抹面应预留泄水孔，泄水孔间距不宜大于 3～4m。

3）挂网喷浆或混凝土：在人工修平坡面后，沿坡面挂钢筋网或钢丝网，然后喷射水泥砂浆或细石混凝土，厚度宜为 50～60mm，坡脚同样需要处理。

4）其他措施：包括锚杆喷射混凝土护面、塑料膜或土工织物覆盖坡面等。

（二）长条形基坑开挖与过程放坡

（1）地铁车站等构筑物的长条形基坑在开挖过程中通常考虑纵向放坡，其目的：一是保证开挖安全，防止滑坡（见图 1K413022-4）；二是保证出土运输方便。

（2）坑内纵向放坡是动态的边坡，在基坑开挖过程中不断变化，其安全性在施工时往往被忽视，非常容易产生滑坡事故。纵向边坡一旦坍塌，就可能冲断横向对撑并导致基坑

失稳，酿成安全质量事故。

（3）应编制开挖方案，慎重确定放坡坡度。在施工期间，特别是雨天必须制定监护与保护措施。软土地区施工经验表明，降雨可能使土坡的安全系数降低40%～50%（见图1K413022-5），应严密监护，做好坡面的保护工作，必要时可事先在放坡处加固土体，严防土坡失稳。

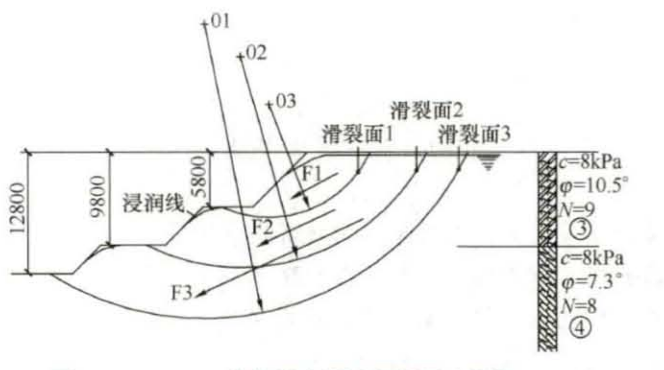


图1K413022-4 基坑纵向滑坡机制图（单位：mm）

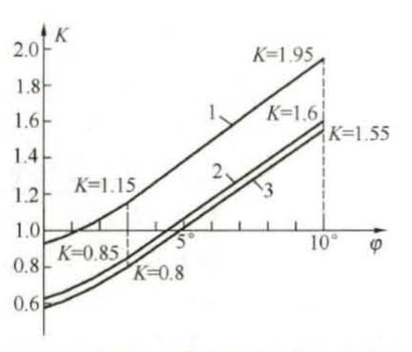


图1K413022-5 降雨降低边坡安全系数

地铁车站基坑纵向放坡较大处，往往是坑外地表纵向差异沉降较大处，土坡越缓，沉降曲线就越平缓。因此，若在基坑附近有需保护的建筑或管线，应减缓该处坡度以减小管线变形和建筑物的差异沉降。

【案例1K413022】

1. 背景

某明挖基坑工程基坑挖深为5.5m，地下水在地面以下1.5m。坑壁采用网喷混凝土加固。基坑附近有高层建筑物及大量地下管线。设计要求每层开挖1.5m，即进行挂网喷射混凝土加固。由于在市区的现场场地狭小，项目负责人（经理）决定把钢材堆放在基坑坑顶附近；为便于出土，把开挖的弃土先堆放在基坑北侧坑顶，夜间装入自卸汽车运出。由于工期紧张，施工中每层开挖深度增大为2.0m，以加快基坑挖土加固施工的进度。

在开挖第二层土时，基坑变形量显著增大，变形发展速率越来越快。随着开挖深度的增加，坑顶地表面出现许多平行基坑裂缝，但施工单位对此没有在意，继续按原方案开挖。当基坑施工至5m深时，基坑出现了明显的坍塌征兆，项目负责人（经理）决定对基坑进行加固处理，组织人员在坑内抢险，但为时过晚，最终出现基坑坍塌多人死亡的重大事故，并造成了巨大的经济损失。

2. 问题

（1）按照《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012，本基坑工程支护结构安全等级应属于哪一级？

（2）本工程基坑应重点监测哪些内容？当出现本工程发生的现象时，监测工作应做哪些调整？

（3）本工程基坑施工时存在哪些重大工程事故隐患？

（4）项目负责人（经理）在本工程施工时犯了哪些重大错误？

3. 参考答案

（1）本工程基坑周围有高层建筑和大量地下管线，如果支护结构破坏、土体失稳或变形过大会对周边环境影响很严重。按照《建筑基坑支护技术规程》JGJ 120—2012 第3.1.3条，基坑支护结构的安全等级应定为一级。

（2）基坑开挖卸载必然引起基坑侧壁水平位移，基坑侧壁水平位移越大，坑后土体变形越大。过大的侧壁水平位移必然会造成建筑物沉降及管线变形。因此，任何环境保护要求高的基坑，侧壁水平位移都是监测的重点。

本工程基坑周围建筑物及地下管线是基坑环境保护的主要内容，其变形也应该是基坑监测的重点。

本工程地下水位在坑底以上，必须采取降水措施。施工时需要监测地下水位，因此，地下水位也应该是监测的重点。

另外，地下水中的承压水对基坑的危害很大，尤其要注意接近坑底的浅层承压水对基坑的影响。如果承压水上面有不透水层，随着基坑开挖，当承压水层上部土重不能抵抗承压水水头压力时，基坑坑底会出现突然的隆起，极容易引起基坑事故。如果坑底存在承压水层时，坑底隆起也是基坑监测的重点内容。但由于基坑开挖施工，直接监测坑底隆起并不容易，可以通过监测埋设在坑底的立柱上浮间接监测坑底隆起。

当基坑变形超过有关标准或监测结果变化速率较大时，应加密观测次数，当有事故征兆时，应连续监测。本工程应加密观测次数，如果变形发展较快应连续监测。

（3）本工程施工中存在的重大事故隐患：不按设计要求加大每层开挖深度是引发事故的主要原因之一，基坑设计应该根据设计工况对基坑开挖提出要求；不按设计要求施工，在施工时超挖极容易引起基坑事故。在基坑顶大量堆荷是引发基坑事故的另一重要原因，背景介绍中未提及考虑这些荷载的安全性设计验算，因此把大量钢材及弃土堆于坑顶也是重大事故隐患。

（4）对于基坑变形量显著增大，变形发展速率越来越快现象，项目部应该对基坑进行抢险，对基坑做必要的加固和卸载；并且应调整设计和施工方案。基坑危险征兆没有引起注意，仍按原方案施工是施工项目负责人（经理）的一大失误。

当基坑变形急剧增加，基坑已经接近失稳的极限状态，种种迹象表明基坑即将坍塌时，项目负责人（经理）应以人身安全为第一要务，人员要及早撤离现场。组织人进入基坑内抢险，造成人员伤亡是项目负责人（经理）指挥的一个重大错误。

1K413023 基坑（槽）土方开挖及基坑变形控制

以下主要以地铁车站基坑为主简要介绍明挖基坑（槽）的土方开挖及变形控制。

一、基本要求

（1）基本规定如下：

1）应根据支护结构设计、降水或隔水要求，确定基坑开挖方案。

2）基坑周围地面应设排水沟，且应避免雨水、渗水等流入坑内；同时，基坑内也应设置必要的排水设施，保证开挖时及时排出雨水。放坡开挖时，应对坡顶、坡面、坡脚采取降水排水措施。当采取基坑内、外降水措施时，应按要求降水后方可开挖。

3）软土基坑必须分层、分块、对称、均衡地开挖，分块开挖后必须及时支护。对于

有预应力要求的钢支撑或锚杆，还必须按设计要求施加预应力。当基坑开挖面上方的支撑、锚杆和土钉未达到设计要求时，严禁向下开挖。

4）基坑开挖过程中，必须采取措施防止开挖机械等碰撞支护结构、格构柱、降水井点或扰动基底原状土。

5）当开挖揭露的实际土层性状或地下水情况与设计依据的勘察资料明显不符，或出现异常现象、不明物体时，应停止开挖，在采取相应措施后方可继续开挖。

（2）发生下列异常情况时，应立即停止开挖，并应立即查清原因和及时采取措施后，方可继续施工：

1）支护结构变形达到设计规定的控制值或变形速率持续增长且不收敛。

2）支护结构的内力超过其设计值或突然增大。

3）围护结构或止水帷幕出现渗漏，或基坑出现流土、管涌现象。

4）开挖暴露出的基底出现明显异常（包括黏性土时强度明显偏低或砂性土层水位过高造成开挖施工困难）。

5）围护结构发生异常声响。

6）边坡或支护结构出现失稳征兆。

7）基坑周边建（构）筑物等变形过大或已经开裂。

二、基坑（槽）的土方开挖方法

（1）根据不同的开挖深度采用不同的施工方法，主要开挖方法包括以下两种：

1）浅层土方开挖：第一层土方一般采用短臂挖掘机及长臂挖掘机直接开挖、出土，自卸运输车运输。在条件具备的情况下，采用两台长臂液压挖掘机在基坑的两侧同时挖土，一起分段向前推进，可以极大提高挖土速度，为及时安装支撑提供条件，图 1K413023-1 为某工程表层土方开挖示意图，图 1K413023-2 为浅层接力挖土示意图。

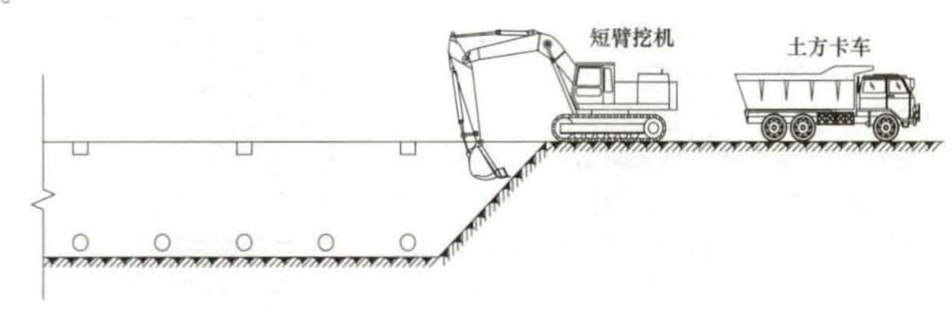


图 1K413023-1 表层挖土示意图

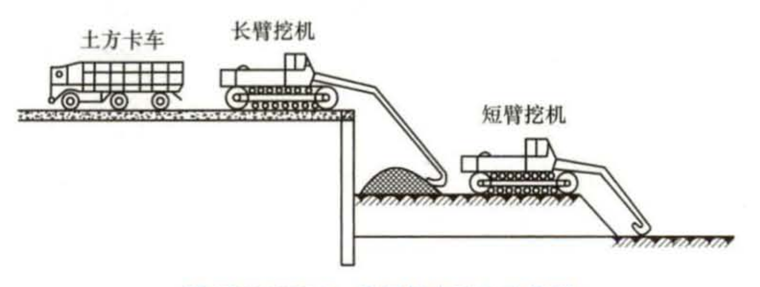


图 1K413023-2 浅层接力挖土示意图

2）深层土方开挖：当长臂挖机不能开挖时，应采用小型挖掘机，将开挖后的土方转运至围护墙边，用吊车提升出土，自卸车辆运输的方法；坑底以上 0.3m 的土方采用人工开挖。图 1K413023-3 为深层抓斗吊配合小型挖机挖土示意图。

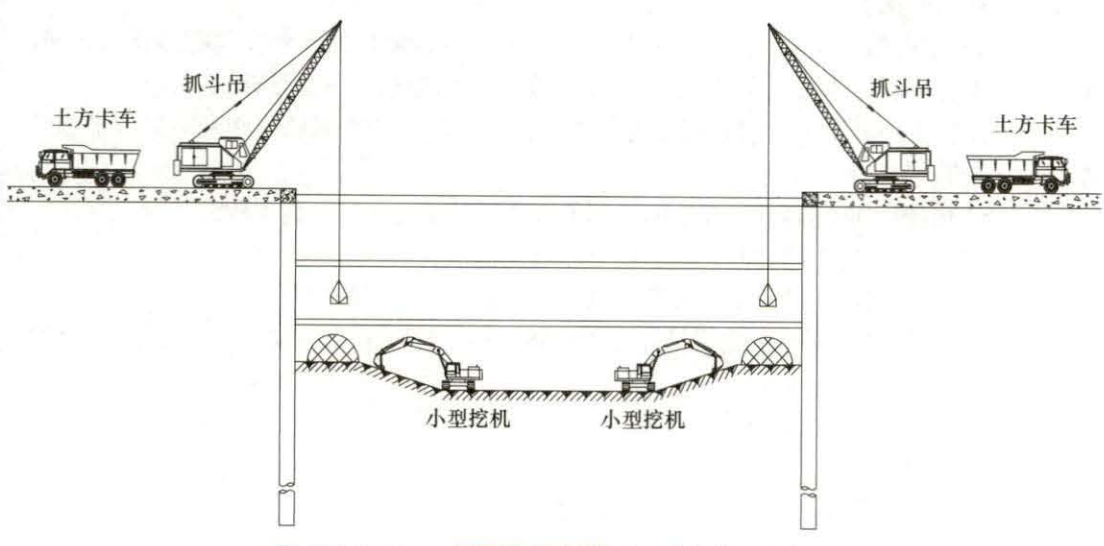


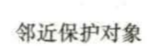
图 1K413023-3 深层抓斗吊配合小型挖机挖土示意图

上述开挖方法是典型的地铁车站基坑开挖方法，其长处在于水平挖掘或运输和垂直运输分离，可以多点垂直运输，缓解了纵坡问题、支撑延迟安装问题，极大地提高了挖土速度，可以有效保证基坑的安全。

（2）基坑分块开挖顺序：

地铁车站的长条形基坑开挖应遵循“分段分层、由上而下、先支撑后开挖”的原则，兼作盾构始发井的车站，一般从两端或一端向中间开挖，以方便端头井的盾构始发。

对于地铁车站端头井，首先撑好标准段内的对撑，再挖斜撑范围内的土方，最后挖除坑内的其余土方。斜撑范围内的土方，应自基坑角点沿垂直于斜撑方向向基坑内分层、分段、限时地开挖并架设支撑。具体见图 1K413023-4，图中序号为土方分块开挖顺序。



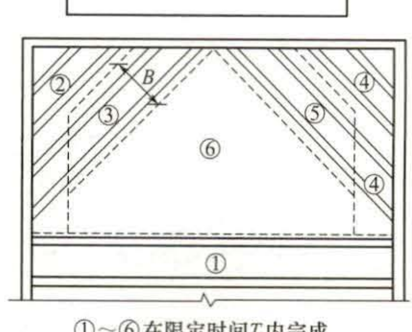


图 1K413023-4 地铁车站端头井基坑的分块开挖方法

三、基坑的变形控制

（一）基坑变形特征

1. 土体变形

基坑开挖时，由于坑内开挖卸荷造成围护结构在内外压力差作用下产生水平向位移，进而引起围护结构外侧土体的变形，造成基坑外土体及邻近建（构）筑物等沉降；同时，开挖卸荷也会引起坑底土体隆起。可以认为，基坑周围地层移动主要是由围护结构的水平位移和坑底土体隆起造成的。

2. 围护结构水平变形

当基坑开挖较浅，还未设支撑时，不论对刚性墙体（如水泥土搅拌桩墙、旋喷桩墙等）还是柔性墙体（如钢板桩、地下连续墙等），均表现为墙顶位移最大，向基坑方向水平位移，呈三角形分布。随着基坑开挖深度的增加，刚性墙体继续表现为向基坑内的三角形水平位移或平行刚体位移；而一般柔性墙如果设支撑，则表现为墙顶位移不变或逐渐向基坑外移动，墙体腹部向基坑内凸出。

3. 围护结构竖向变位

墙体的竖向变位给基坑的稳定、地表沉降以及墙体自身的稳定性均带来极大的危害，特别是对于饱和的极为软弱地层中的基坑工程，当围护桩或地下连续墙底因清孔不净有沉渣时，围护墙在开挖中会下沉，另外，当围护结构下方有顶管和盾构等穿越时，也会引起围护结构突然沉降。

4. 基坑底部的隆起

随着基坑的开挖卸载，基坑底出现隆起是必然的，但过大的坑底隆起往往是基坑险情的征兆。过大的坑底隆起可能是两种原因造成的：（1）基坑底不透水土层由于其自重不能够承受下方承压水水头压力而产生突然性隆起；（2）由于围护结构插入基坑底土层深度不足而产生坑内土体隆起破坏。基坑底土体的过大隆起可能会造成基坑围护结构失稳，另外，由于坑底隆起会造成立柱隆起，进一步造成支撑向上弯曲，可能引起支撑体系失稳。因此，基坑底土体的过大隆起是施工时应该尽量避免的。但由于基坑一直处于开挖过程，直接监测坑底土体隆起较为困难，一般通过监测立柱变形来反映基坑底土体隆起情况。

5. 地表沉降

围护结构的水平变形墙顶沉降及坑底土体隆起会造成地表沉降，引起基坑周边建（构）筑物变形。根据工程实践经验，基坑围护呈悬臂状态时，较大的地表沉降出现在墙体旁；施加支撑后，地表沉降的最大值会渐渐远离围护结构，位于距离围护墙一定距离的位置上。

（二）基坑的变形控制

（1）为保证基坑支护结构及邻近建（构）筑物等安全，必须控制基坑的变形以保证邻近建（构）筑物的安全。

（2）控制基坑变形的主要方法有：

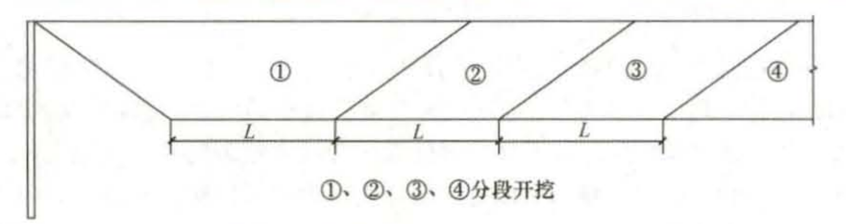
1）增加围护结构和支撑的刚度。

2）增加围护结构的入土深度。

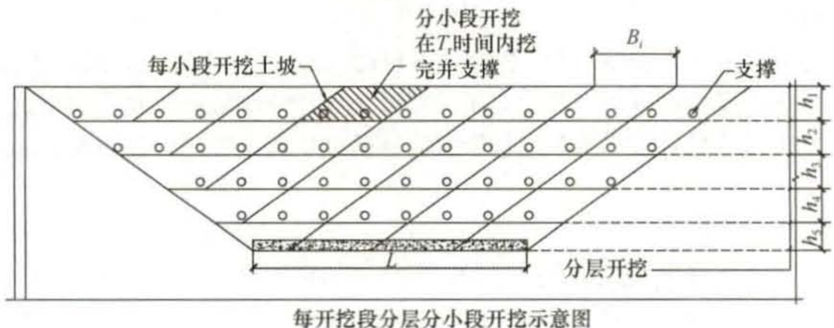
3）加固基坑内被动土压区土体。加固方法有墩式加固、满堂加固、格栅加固、抽条加固、裙边加固及抽条加固与裙边加固相结合的形式。

4）减小每次开挖围护结构处土体的尺寸和开挖后未及时支撑的暴露时间，这一点在软土地区施工时尤其有效。例如，目前已建成的北京某地铁车站工程，在施工时就要求在车站基坑开挖时，按设计要求分段开挖和浇筑底板，每段开挖中又分层、分小段，并限时完成每小段的开挖和支撑，具体见图 1K413023-5。

5）通过调整围护结构或隔水帷幕深度和降水井布置来控制降水对环境变形的影响。增加隔水帷幕深度甚至隔断透水层，提高管井滤头底高度，降水井布置在基坑内均可减少降水对环境的影响。



车站基坑开挖及浇筑底板分段示意图



每开挖段分层分小段开挖示意图

开挖参数应由设计规定，通常取值范围为：

分段长度：$L \leqslant 25m$，
每小段宽度：B_i=3~6m

每层厚度：h_i=3~4m，
每小段开挖支撑时限：
T_i=8~24h，L、B_i、h_i、T_i在施工时可根据监测数据进行适当调整

图 1K413023-5　软土地区地铁条形基坑的土方开挖及支撑施工要求

（三）坑底稳定控制

（1）保证深基坑坑底稳定的方法有加深围护结构入土深度、坑底土体加固、坑内井点降水等措施。

（2）适时施作底板结构。

1K413024　地基加固处理方法

下面主要以地铁车站基坑为主简要介绍明挖基（槽）坑地基加固处理技术。

一、地基加固处理作用与方法选择

（一）基坑地基加固的目的

基坑地基按加固部位不同，分为基坑内加固和基坑外两种，其目的分别为：

（1）基坑外加固的目的主要是止水，有时也可减少围护结构承受的主动土压力。

（2）基坑内加固的目的主要有：提高土体的强度和土体的侧向抗力，减少围护结构位移，进而保护基坑周边建筑物及地下管线；防止坑底土体隆起破坏；防止坑底土体渗流破坏；弥补围护墙体插入深度不足等。

（二）基坑地基加固的方式

（1）在软土地基中，当周边环境保护要求较高时，基坑工程实施前宜对基坑内被动土压区土体进行加固处理，以便提高被动土压区土体抗力，减少基坑开挖过程中围护结构的变形。按平面布置形式分类，基坑内被动土压区加固形式主要有墩式加固、裙边加固、抽条加固、格栅式加固和满堂加固（见图 1K413024-1）。采用墩式加固时，土体加固一般多布置在基坑周边阳角位置或跨中区域；长条形基坑可考虑采用抽条加固；基坑面积较大时，宜采用裙边加固；地铁车站的端头井一般采用格栅式加固；环境保护要求高，或为了封闭地下水时，可采用满堂加固。加固体的深度范围应从第二道支撑底至开挖面以下一定深度，考虑地表有施工机具运行需要时，也可以采用低水泥掺量加固到地面。

（2）换填材料加固处理法，以提高地基承载力为主，适用于较浅基坑，方法简单、操

作方便。

（3）采用水泥土搅拌、高压喷射注浆、注浆或其他方法对地基掺入一定量的固化剂或使土体固结，以提高土体的强度和土体的侧向抗力为主，适用于深基坑。

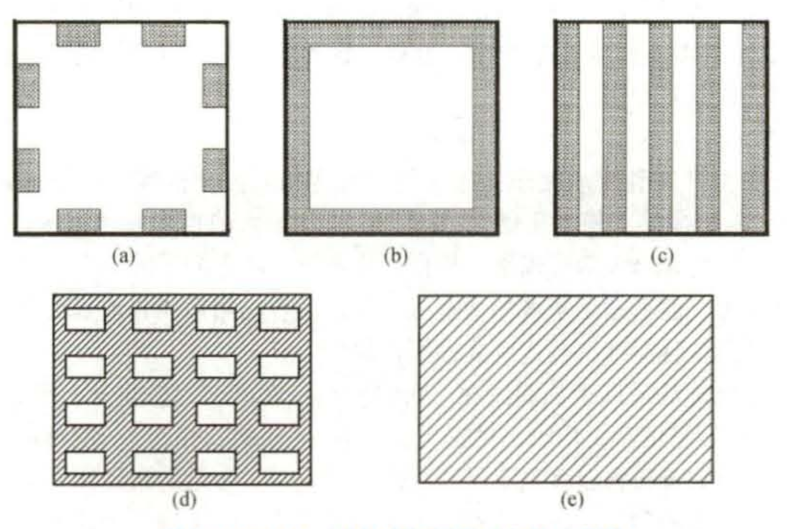


图 1K413024-1 基坑内加固平面布置示意图

（a）墩式加固；（b）裙边加固；（c）抽条加固；（d）格栅式加固；（e）满堂加固

二、常用方法与技术要点

（一）注浆法

（1）注浆法是利用液压、气压或电化学原理，通过注浆管把浆液均匀地注入地层中，浆液以填充、渗透和挤密等方式，赶走土颗粒间或岩石裂隙中的水分和空气后占据其位置，经人工控制一定时间后，浆液将原来松散的土粒或裂隙胶结成一个整体，形成一个结构新、强度大、防水性能好和化学稳定性良好的“结石体”。

（2）注浆法所用的浆液是由主剂（原材料）、溶剂（水或其他溶剂）及各种外加剂混合而成。通常所提的注浆材料是指浆液中所用的主剂。外加剂可根据在浆液中所起的作用，分为固化剂、催化剂、速凝剂、缓凝剂和悬浮剂等。注浆材料有很多，其中，水泥浆是以水泥为主的浆液，适用于岩土加固，是国内外常用的浆液。

（3）在地基处理中，注浆工艺所依据的理论主要可分为渗透注浆、劈裂注浆、压密注浆和电动化学注浆四类，其应用条件见表 1K413024-1。

不同注浆法的适用范围 表 1K413024-1

注浆方法	适用范围
渗透注浆①	只适用于中砂以上的砂性土和有裂隙的岩石
劈裂注浆	适用于低渗透性的土层
压密注浆	常用于中砂地基，黏土地基中若有适宜的排水条件也可采用。如遇排水困难而可能在土体中引起高孔隙水压力时，就必须采用很低的注浆速率。压密注浆可用于非饱和的土体，以调整不均匀沉降以及在大开挖或隧道开挖时对邻近土进行加固
电动化学注浆	地基土的渗透系数 $k < 10^{-4}$cm/s，只靠一般静压力难以使浆液注入土的孔隙的地层

① 渗透注浆法适用于碎石土、砂卵土夯填料的路基。

（4）注浆设计包括注浆量、布孔、注浆有效范围、注浆流量、注浆压力、浆液配方等主要工艺参数，没有经验可供参考时，应通过现场试验确定上述工艺参数。

（5）注浆加固土的强度具有较大的离散性，注浆检验应在加固后 28d 进行。可采用标准贯入、轻型静力触探法或面波等方法检测加固地层均匀性；按加固土体尝试范围每间隔 1m 进行室内试验，测定强度或渗透性。检验点数和合格率应满足相关规范要求，对不合格的注浆区应进行重复注浆。

（二）水泥土搅拌法

（1）水泥土搅拌法利用水泥作为固化剂通过特制的搅拌机械，就地将软土和固化剂（浆液或粉体）强制搅拌，使软土硬结成具有整体性、水稳性和一定强度的水泥加固土，从而提高地基土强度和增大变形模量。根据固化剂掺入状态的不同，它可分为浆液搅拌和粉体喷射搅拌两种。前者是用浆液和地基土搅拌，后者是用粉体和地基土搅拌。可采用单轴、双轴、三轴及多轴搅拌机或连续成槽搅拌机。

（2）水泥土搅拌法适用于加固淤泥、淤泥质土、素填土、黏性土（软塑和可塑）、粉土（稍密、中密）、粉细砂（稍密、中密）、中粗砂（松散、稍密）、饱和黄土等土层，不适用于含有大孤石或障碍物较多且不易清除的杂填土、欠固结的淤泥和淤泥质土、硬塑及坚硬的黏性土、密实的砂类土，以及地下水影响成桩质量的土层。当地下水的含水量小于 30%（黄土含水量小于 25%）时不宜采用粉体搅拌法。水泥土搅拌桩用于处理泥炭土、有机质土、pH 值小于 4 的酸性土、塑性指数大于 25 的黏土，当在腐蚀性环境中以及无工程经验地区使用时，必须通过现场和室内试验确定其适用性。

（3）水泥土搅拌法加固软土技术具有其独特优点：

1）最大限度地利用了原土。

2）搅拌时无振动、无噪声和无污染，可在密集建筑群中进行施工，对周围原有建筑物及地下沟管影响很小。

3）根据上部结构的需要，可灵活地采用柱状、壁状、格栅状和块状等加固形式。

4）与钢筋混凝土桩基相比，可节约钢材并降低造价。

（4）水泥土搅拌法施工步骤由于湿法和干法的施工设备不同而略有差异，具体见图 1K413024-2、图 1K413024-3，其主要步骤应为：

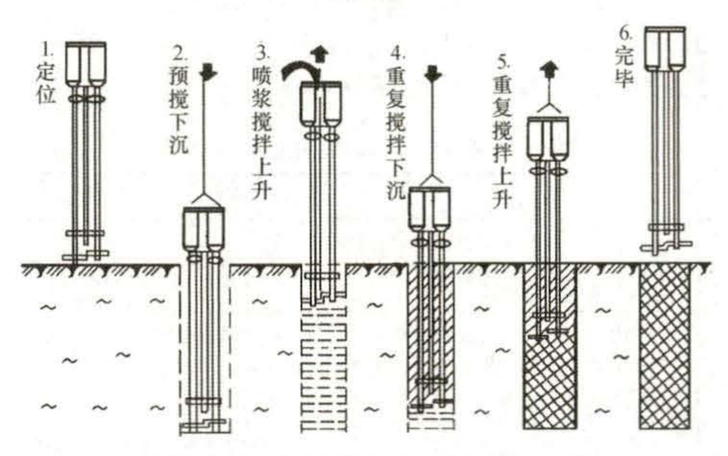


图 1K413024-2　喷浆型深层搅拌桩施工顺序

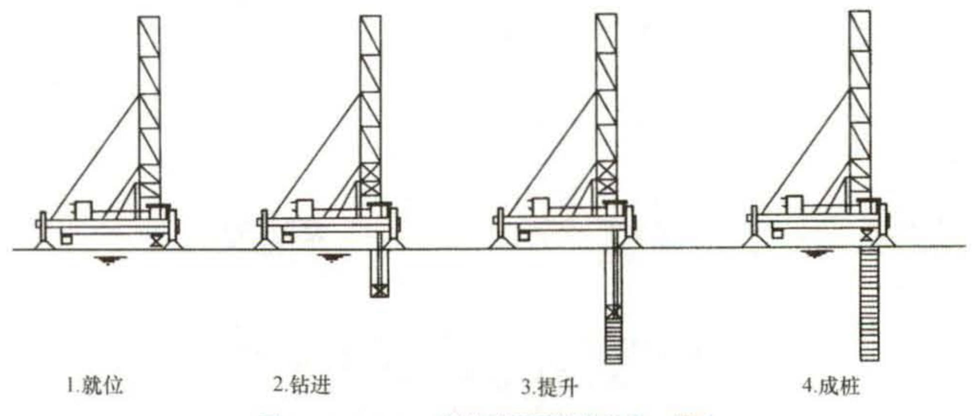


图 1K413024-3 喷粉型深层搅拌桩施工顺序

1）搅拌机械就位、调平。

2）预搅下沉至设计加固深度。

3）边喷浆（粉）、边搅拌提升直至预定的停浆（灰）面。

4）重复搅拌下沉至设计加固深度。

5）根据设计要求，喷浆（粉）或仅搅拌提升直至预定的停浆（灰）面。

6）关闭搅拌机械。

在预（复）搅下沉时，也可采用喷浆（粉）的施工工艺，但必须确保全桩长上下至少再重复搅拌一次。

（5）应根据室内试验确定需加固地基土的固化剂和外加剂的掺量，如果有成熟经验时，也可根据工程经验确定。

（6）水泥土搅拌桩的施工质量检测可采用下列方法：在成桩 3d 内，采用轻型动力触探检查上部桩身的均匀性；在成桩 7d 后，采用浅部开挖桩头进行检查，开挖深度宜超过停浆（灰）面下 0.5m，检查搅拌的均匀性，量测成桩的直径。作为重力式水泥土墙时，还应用开挖方法检查搭接宽度和位置偏差，应采用钻芯法检查水泥土搅拌桩的单轴抗压强度、完整性和深度。

（三）高压喷射注浆法

（1）高压喷射注浆法对淤泥、淤泥质土、黏性土（流塑、软塑和可塑）、粉土、砂土、黄土、素填土和碎石土等地基都有良好的处理效果。但对于硬黏性土，含有较多的块石或大量植物根茎的地基，因喷射流可能受到阻挡或削弱，冲击破碎力急剧下降，切削范围小或影响处理效果。而对于含有过多有机质的土层，其处理效果取决于固结体的化学稳定性。鉴于上述几种土的组成复杂、差异悬殊，高压喷射注浆处理的效果差别较大，应根据现场试验结果确定其适用程度。对于湿陷性黄土地基，也应预先进行现场试验。

（2）由于高压喷射注浆使用的压力大，因而喷射流的能量大、速度快。当它连续和集中地作用在土体上，压应力和冲蚀等多种因素便在很小的区域内产生效应，对从粒径很小的细粒土到含有颗粒直径较大的卵石、碎石土，均有巨大的冲击和搅动作用，使注入的浆液和土拌合凝固为新的固结体。

（3）高压喷射有旋喷（固结体为圆柱状）、定喷（固结体为壁状）和摆喷（固结体为扇状）三种基本形状，它们均可用下列方法实现（见图 1K413024-4）：

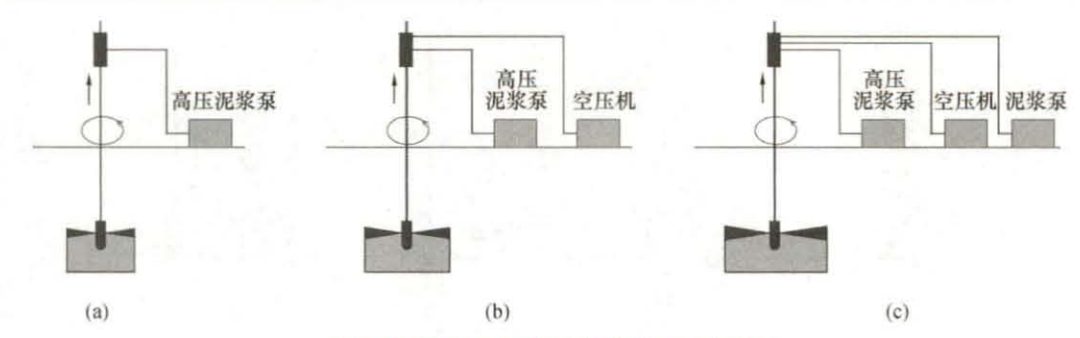


图 1K413024-4 喷射注浆法施工工艺流程
（a）单管法；（b）双管法；（c）三管法

1）单管法：喷射高压水泥浆液一种介质。

2）双管法：喷射高压水泥浆液和压缩空气两种介质。

3）三管法：喷射高压水流、压缩空气及水泥浆液三种介质。

由于上述三种喷射流的结构和喷射的介质不同，有效处理范围也不同，以三管法最大，双管法次之，单管法最小。实践表明，旋喷形式可采用单管法、双管法和三管法中的任何一种方法。定喷和摆喷注浆常用双管法和三管法。

（4）高压喷射注浆的施工参数应根据土质条件、加固要求通过试验或根据工程经验确定，并在施工中严格加以控制。单管法及双管法的高压水泥浆和三管法高压水的压力应大于 20MPa。高压喷射注浆的主要材料为水泥，对于无特殊要求的工程，宜采用强度等级为 42.5 级及以上的普通硅酸盐水泥。根据需要可加入适量的外加剂及掺合料。外加剂和掺合料的用量，应通过试验确定。水胶比中的水灰比通常取 0.8～1.5，常用为 1.0。

（5）高压喷射注浆的工艺流程：钻机就位、钻孔、置入注浆管、高压喷射注浆和拔出注浆管。施工结束后应立即对机具和孔口进行清洗。在高压喷射注浆过程中出现压力骤然下降、上升或冒浆异常时，应查明原因并及时采取措施。

（6）旋喷桩作为止水帷幕时，为保证加固体有效搭接以达到预计的截水效果，旋喷桩的直径不宜过大。旋喷加固体的直径受施工工艺、喷射压力、提升速度、土类和土性等因素影响，根据国内有关资料介绍，旋喷加固体直径一般在表 1K413024-2 的范围。加固体的强度和直径，应通过现场试验确定。

旋喷注浆固结体有效直径经验值（m） 表 1K413024-2

土类＼方法		单管法	双管法	三管法
黏性土	$0 < N \leq 5$	0.5～0.8	0.8～1.2	1.2～1.8
	$5 < N \leq 10$	0.4～0.7	0.7～1.1	1.0～1.6
砂土	$0 < N \leq 10$	0.6～1.0	1.0～1.4	1.5～2.0
	$10 < N \leq 20$	0.5～0.9	0.9～1.3	1.2～1.8
	$20 < N \leq 30$	0.4～0.8	0.8～1.2	0.9～1.5

注：N 为标准贯入击数。

（7）施工质量可根据设计要求或当地经验采用开挖检查、钻孔取芯、标准贯入试验及

动力触探等方法检查。

1K413030 盾构法施工

1K413031 盾构机选型要点

一、盾构类型与适用条件

（一）盾构类型

盾构类型可按照不同的分类方法进行分类。

（1）按支护地层的形式分类，主要分为自然支护式、机械支护式、压缩空气支护式、泥浆支护式、土压平衡支护式5种类型（见图1K413031-1）。

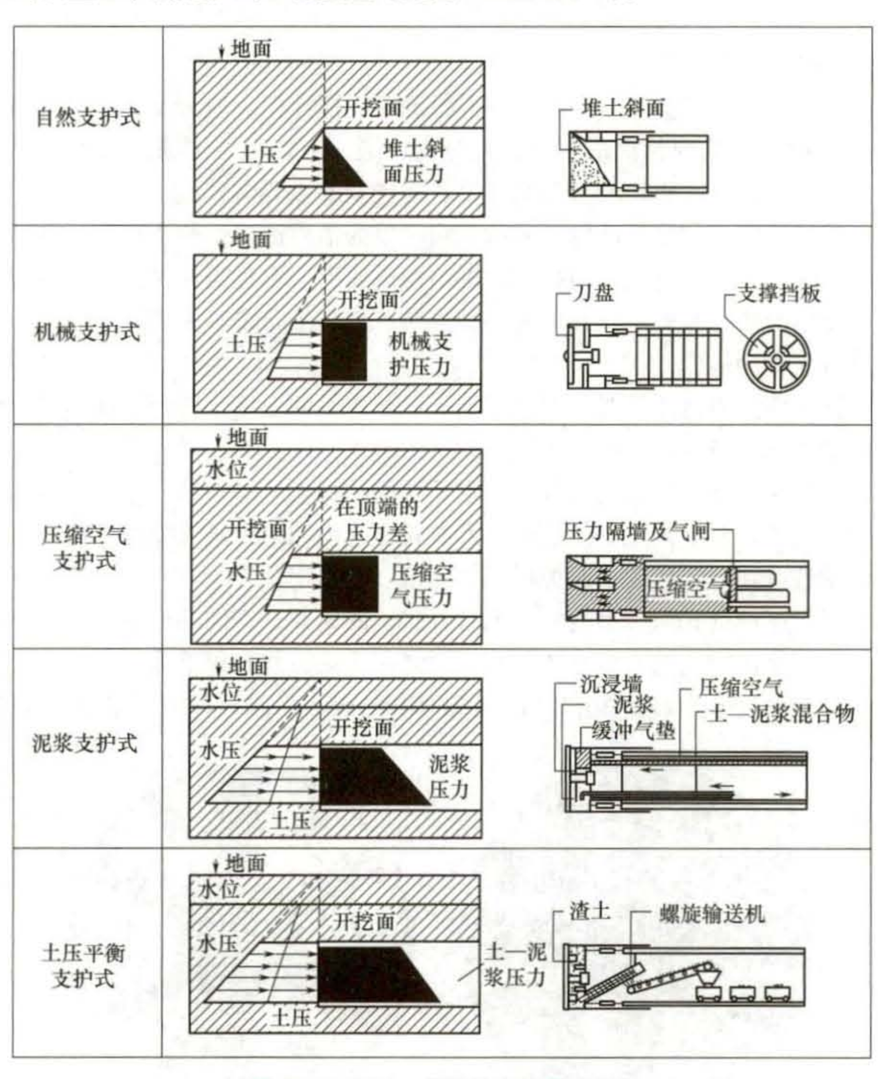


图1K413031-1 按盾构支护形式分类

（2）按开挖面是否封闭划分，可分为密闭式和敞开式两类。按平衡开挖面土压与水压的原理不同，密闭式盾构又可分为土压式（常用泥土压式）和泥水式两种。敞开式盾构按开挖方式划分，可分为手掘式、半机械挖掘式和机械挖掘式三种（见图1K413031-2）。

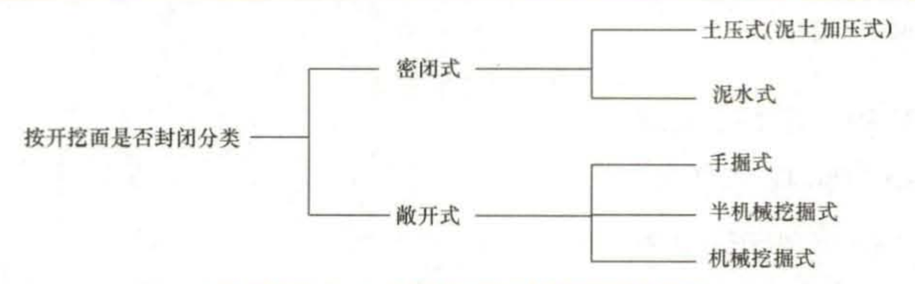


图 1K413031-2 盾构按开挖面是否封闭分类图

（3）按盾构的断面形状划分，有圆形和异型盾构两类，其中异型盾构主要有多圆形、马蹄形、类矩形和矩形，目前在国内轨道交通建设中，已有双圆马蹄形、矩形和类矩形盾构应用。

（二）盾构机的刀盘配置

盾构的刀盘主要由刀盘体、刀具、磨损检测器、搅拌棒、泡沫及膨润土管路等零部件组成。刀盘体由钢结构焊接而成，刀具可分为：滚刀、切刀、边缘刮刀、仿形刀、保径刀、先行刀、中心刀等。盾构的刀盘配置是盾构选型的重要内容。

刀盘是机械化盾构的掘削部件，刀盘结构应根据地质适应性的要求进行设计，以适合围岩条件，并保证开挖面稳定的前提下，提高掘进速度。刀盘设计时，应充分考虑刀盘的结构形式、支承方式、开口率、开口大小和分布、刀具的布置等因素。

刀盘具有三大功能：

（1）开挖功能。刀盘旋转时，刀具切削隧道开挖面的土体，对开挖面的岩土层进行开挖，开挖后的渣土通过刀盘的开口进入土仓。

（2）稳定功能。支撑开挖面，具有稳定开挖面的功能。

（3）搅拌功能。对于土压平衡盾构，刀盘对土仓内的渣土进行搅拌，使渣土具有一定的塑性、流动性并在一定程度上避免形成“泥饼”的作用。

盾构的刀盘结构形式与工程地质情况有着密切的关系，不同的地层应采用不同的刀盘结构形式：土压平衡盾构的刀盘有两种基本形式——面板式和辐条式。

（1）面板式刀盘（图 1K413031-3a）开口率相对较小，面板直接支撑面，有挡土功能，

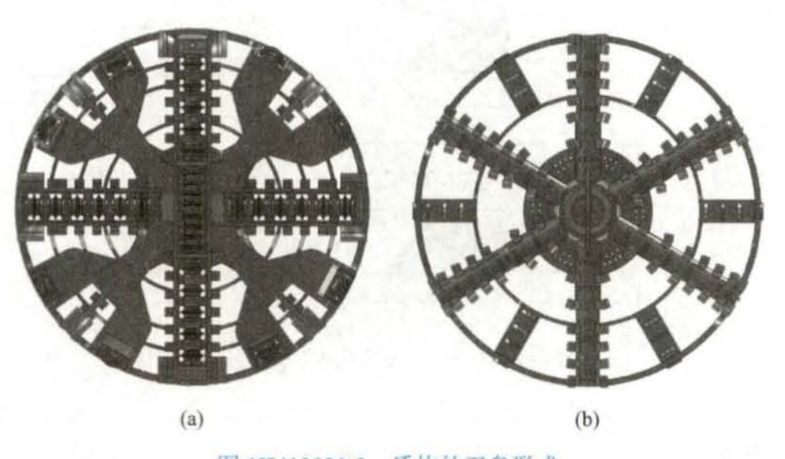


图 1K413031-3 盾构的刀盘形式
（a）面板式刀盘；（b）辐条式刀盘

有利于切削面稳定，但在开挖黏土层时，易发生黏土粘附面板表面影响开挖效率的情况，防止措施是注入改良材料等。

（2）辐条式刀盘（图 1K413031-3b）开口率大，土砂流动顺畅，不易堵塞，土仓压力能有效作用于开挖面，但一般不能安装滚刀，且中途换刀安全性较差（目前，已出现复合式刀盘，在辐条式基础上改进后可以加装滚刀）。

（三）各种盾构对地质条件的适用性

根据当前盾构的技术水平，各种盾构对地质条件的适用性如表 1K413031 所示。

盾构对地质条件的适用性一览表 表 1K413031

土质条件＼盾构			敞开式						密闭式			
			手掘式		半机械挖掘式		机械挖掘式		泥土压式		泥水式	
分类	土质	*N* 值	适用性	注意点	适用性	注意点	适用性	注意点	适用性	注意点	适用性	注意点
冲积黏性土	腐殖土	0	×		×		×		△	地层变形	△	地层变形
	粉土、黏土	0~2	△	地层变形	×		×		○		○	
	砂质粉土、砂质黏土	0~5	△	地层变形	×		×		○		○	
		5~10	△	地层变形	△	地层变形	△	地层变形	○		○	
洪积黏性土	粉质黏土、黏土	10~20	○		○		△	泥土堵塞	○		○	
	黏质粉土、黏土	15~25	○		○		○		○		○	
		25 以上	△	开挖机械	○		○		○		○	
软岩	黏土岩、泥岩	50 以上	×		△	地下水压	△	地下水压	△	刀具磨损	△	刀具磨损
砂质土	混有粉土、黏土的砂	10~15	△	地下水压	△	地下水压	△	地下水压	○		○	
	松散砂	10~30	△	地下水压	×		△	地下水压	○		○	
	密实砂	30 以上	△	地下水压	△	地下水压	△	地下水压	○		○	
砂砾、卵石	松散砂砾	10~40	△	地下水压	△	地下水压	△	地下水压	○		○	
	固结砂砾	40 以上	△	地下水压	△	地下水压	△	刀盘与刀具磨损、地下水压	○	刀具磨损	○	刀具磨损

续表

土质条件 \ 盾构			敞开式						密闭式			
			手掘式		半机械挖掘式		机械挖掘式		泥土压式		泥水式	
分类	土质	*N* 值	适用性	注意点	适用性	注意点	适用性	注意点	适用性	注意点	适用性	注意点
砂砾、卵石	混有卵石的砂砾	—	△	人员安全、地下水压	△	地下水压、超挖量	△	刀盘与刀具磨损、地下水压	○	刀具磨损	△	刀具选择、送泥对策
	卵石、巨砾	—	△	砾石破碎、地下水压	△	地下水压、超挖量	△		△	刀具与螺旋机选择、刀盘形式选择	△	砾石破碎、送泥对策

注：① 表中符号○表示原则上适用；△表示必须进行辅助工法、辅助设备等充分论证后适用；× 表示原则上不适用。

② 选择敞开式盾构多同时采用压气、注浆等辅助工法，其适用性要经过充分论证。

当前，土压平衡盾构与泥水平衡盾构已经成为盾构法隧道施工使用最多的盾构，两种盾构的结构形式见图 1K413031-4a 和图 1K413031-4b。

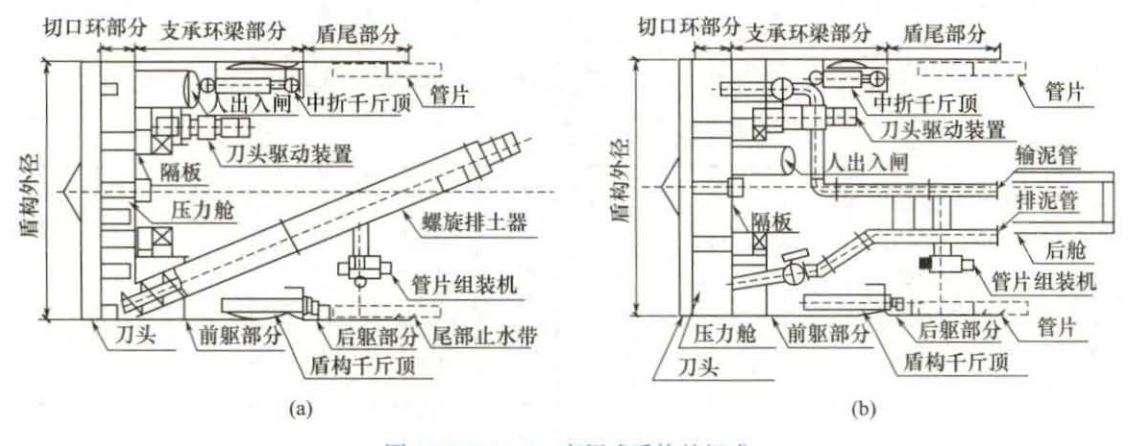


图 1K413031-4 密闭式盾构的组成

（a）土压平衡盾构；（b）泥水平衡盾构

1. 土压平衡盾构

（1）土压平衡盾构（Earth Pressure Balance Shield），简称 EPB 盾构。土压平衡盾构是在机械式盾构的前部设置隔板，使土仓和排土用的螺旋输送机内充满切削下来的泥土，依靠推进千斤顶的推力给土仓内的开挖土渣加压，使土压作用于开挖面以使其稳定。土压平衡盾构的支护材料是土壤本身。土压平衡盾构由盾壳、刀盘、刀盘驱动、螺旋输送机、皮带输送机、管片安装机、人仓、液压系统等组成。

（2）土压平衡盾构的工作原理如下：刀盘旋转切削开挖面的泥土，破碎的泥土通过刀盘开口进入土仓，泥土落到土仓底部后，通过螺旋输送机运到皮带输送机上，然后输送到停在轨道上的渣车上。盾构在推进油缸的推力作用下向前推进。盾壳对挖掘出的还未衬砌的隧道起着临时支护作用，承受周围地层的土压、承受地下水的水压，并将地下水阻隔在盾壳外面。掘进、排土、预制管片拼装等作业在盾壳的掩护下进行。

（3）地质适应范围：

土压平衡盾构主要应用在黏稠土壤中，该类型土壤富含黏土、粉质黏土或淤土，具有低渗透性。这种土质在螺旋输送机内压缩形成防水土塞，使土仓和螺旋输送机内部产生土压力，来平衡掌子面的土压力和水压力。

土压平衡盾构用开挖出的土料作为支撑开挖面稳定的介质，对作为支撑介质的土料，要求其具有良好的塑性变形、软稠度、内摩擦角小及渗透率小。除软黏土外，一般土体不完全具有这种特性，需进行改良。改良的方法通常有加水、膨润土、黏土、CMC、聚合物或泡沫等，根据土质情况单独或组合选用。

2. 泥水平衡盾构

（1）泥水平衡盾构（Slurry Pressure Balance Shield），简称 SPB 盾构或泥水盾构。泥水平衡盾构是在机械式盾构的前部设置隔板，装备刀盘及输送泥浆的送排泥管和推进盾构的推进油缸，在地面上还配有泥水处理设备。

（2）泥水平衡盾构的构成，除了具有刀盘驱动系统、推进系统、管片拼装系统、盾尾密封系统、液压系统、电气系统、同步注浆系统、外加剂注入等土压平衡盾构具有的系统外，还具有以下系统：

1）可调整泥浆物理性质，并将其送至开挖面，保持开挖面稳定的泥水循环系统。

2）综合管理排泥状态、泥水压力及泥水处理设备运转状况的综合管理系统。

3）泥水分离处理系统。

（3）泥水平衡盾构的开挖面支护原理：

泥水平衡盾构利用循环悬浮液的体积对泥浆压力进行调节和控制，采用膨润土悬浮液（俗称泥浆）作为支护材料。开挖面的稳定是将泥浆送入泥水仓内，在开挖面上用泥浆形成不透水的泥膜，通过该泥膜的张力保持水压力，以平衡作用于开挖面的土压力和水压力。开挖的土砂以泥浆形式输送到地面，通过泥水处理设备进行分离，分离后的泥水进行质量调整，再输送到开挖面循环利用。

（4）地质适应范围：

泥水平衡盾构最初是在冲积黏土和洪积砂土交错出现的特殊地层中使用，由于泥水对开挖面的支护作用明显，因此在软弱的淤泥质土层、松动的砂土层、砂砾层、卵石砂砾层、砂砾和坚硬土互层等含水地层中均适用。目前，泥水平衡盾构工法对地层的适用范围不断扩大，即使处于恶劣的施工环境和存在地下水等不良条件下，由于有相应的处理方法，因而几乎能适应所有的地层。

二、盾构选型依据与原则

盾构选型与配置应适用、可靠、先进、经济，配置应包括刀盘、推进千斤顶、主驱动系统管片拼装机、螺旋输送机、铰接装置、泥水循环系统或渣土改良系统、注浆系统等。

（一）选型依据

盾构选型依据应包括下列内容：

（1）工程地质和水文地质勘察报告。

（2）隧道线路及结构设计文件。

（3）断面大小。

（4）施工安全、工程环境风险因素、场地条件、环保要求。

（5）施工环境及其保护要求。

（6）工期条件。

（7）辅助施工方法。

（8）类似工程施工经验。

（二）选型的基本原则

1. 适用性原则

盾构的断面形状与外形尺寸适用于隧道断面形状与外形尺寸，种类与性能要适用工程地质与水文地质条件、隧道埋深、地下障碍物、地下构筑物与地面建筑物安全需要、地表隆沉要求等使用条件。若所选盾构不能充分满足上述使用条件，应增加相应的辅助工法，如压气工法、注浆工法等。

由于盾构具有较长使用寿命，可用于多项施工工程，因此应根据使用寿命期内预计的常用使用条件或最不利使用条件选型，以便具有较广泛的适用性。

2. 技术先进性原则

技术先进性有两方面含义：一是不同种类盾构技术先进性不同；二是同一种类盾构由于设备配置的差异与功能的差异而技术先进性不同。

选择技术先进的盾构，一方面为了更好地适应建设单位当前及今后的工程施工要求，提高施工单位的市场竞争力；另一方面在合理使用寿命期内保持技术先进性，从而更加安全、高效施工。

技术先进性要以可靠性为前提，要选择经过工程实践验证、可靠性高的先进技术。

3. 经济合理性原则

经济合理性是指所选择的盾构及其辅助工法用于工程项目施工，在满足施工安全、质量标准、环境保护要求和工期要求的前提下，其综合施工成本合理。

（三）盾构选型的配置要求

（1）盾构的壳体结构应能保证在其所承受的正常施工荷载作用下，各结构件均应处于安全可靠状态。

（2）刀盘应符合下列规定：

1）刀盘结构的强度和刚度应满足使用功能要求。

2）刀盘结构形式应适应地质条件，刀盘体应采取耐磨措施，刀盘开口率应能满足盾构掘进和出渣要求。

3）刀具的选型和配置应根据地质条件、开挖直径、切削速度、单次连续掘进里程、最小曲线半径及地下障碍物情况等确定。

4）刀盘添加剂喷口的数量及位置应根据地质条件、刀盘结构、刀盘开挖直径等确定。

（3）刀盘主驱动应符合下列规定：

1）刀盘主驱动形式应根据地质和环境要求确定，最大设计扭矩应满足地质条件和脱困要求。

2）刀盘转速应根据地质条件和施工要求确定，转速应可调。

3）刀盘驱动主轴承密封应根据覆土厚度、地下水位、添加剂注入压力、掘进里程等确定。

（4）推进液压缸应采取分区压力控制，每个分区液压缸应具备行程监测功能。总推力应根据推进阻力的总和及所需的安全系数确定。

（5）管片拼装机的自由度应满足拼装要求，各动作应准确可靠，操作应安全方便。

（6）螺旋输送机的结构和尺寸应根据工程地质和水文地质条件、盾构直径和掘进速度等确定。后闸门应具有紧急关闭功能。

（7）泥水循环系统应根据地质和施工条件等确定，并应具备掘进模式和旁通模式，流量应连续可调，可配置渣石处理装置。

（8）铰接装置应满足隧道轴线曲率半径的要求，最大推力应大于前后壳体姿态变化引起的阻力，每组铰接液压缸应具备行程监测功能。

（9）渣土改良系统和注浆系统应与地质条件及掘进速度相适应。注浆系统应具备浆液注入速度和注入压力调节功能。同时应注意注浆口布置位置及注浆器内外置的形式。

（10）人舱和保压系统应满足作业人员开仓作业要求，人舱宜采用并联双舱式。

（11）盾构主机和后配套设备结构应满足导向系统的安装和通视要求，盾构掘进管理系统应与导向系统实现数据交互。

三、盾构选型的基本程序

盾构选型应遵循基本原则，采取科学的方法，经过策划、调查、可行性研究、综合比选评价等步骤进行。

1K413032 盾构施工条件与现场布置

本条文简要介绍盾构施工条件选择和现场布置的要点。

一、盾构法施工条件

（一）盾构法施工适用条件与施工准备

（1）适用地层范围：除硬岩外的相对均质的地质条件，应该注意的是，广州等地区已经有采用复合盾构施工软硬不均地层的成功经验。

（2）隧道埋深：隧道应有足够的埋深，覆土深度不宜小于 1D（洞径）。采用压气施工法和泥水加压盾构时，隧道覆土太浅，有冒顶的可能性；覆土最大也有限制，取决于盾构对地下水的抵御能力和衬砌的防水性能。

（3）地下水防治：采用密闭式盾构时，除了始发和接收区以及开仓换刀时需要之外，一般不需要辅助施工法。

（4）截面形状：标准形状为圆形。也可采用异形截面。

（5）截面大小：除地铁盾构常用的 ϕ6～ϕ7m 直径外，在上海地铁和北京地铁也有分别应用直径 ϕ11.58m 和 ϕ10.22m 盾构同时建造地铁上、下行线的实例。目前，国内在软土地层中 ϕ15m 级超大直径泥水平衡盾构施工技术已比较成熟。

（6）急转弯施工：有曲线半径/盾构外径之比为 3～5 的施工实例。

（7）对环境的影响：接近既有建（构）筑物施工时，有时需要辅助措施；除工作井部分外，对道路交通影响较小；振动、噪声一般限制在工作井洞口附近，可用隔音墙防护。

（二）施工准备

1．前期调查

（1）施工前，应对施工地段的工程地质和水文地质情况进行调查，必要时应补充地质勘察。

（2）对工程影响范围内的地面建（构）筑物应进行现场踏勘和调查，对需加固或基础托换的建（构）筑物应进行详细调查，必要时应进行鉴定，并应提前作好施工方案。

（3）对工程影响范围内的地下障碍物、地下构筑物及地下管线等应进行调查，必要时应进行探查。

（4）根据工程所在地的环境保护要求，应进行工程环境调查。

（5）盾构设备用电引入条件调查。

2．技术准备

隧道施工前，应具备下列资料：

（1）工程地质和水文地质勘察报告。

（2）隧道沿线环境、建（构）筑物、地下管线和障碍物等的调查情况。

（3）施工所需的设计图纸资料和工程技术要求文件。

（4）工程施工有关合同文件。

（5）施工组织设计。

（6）拟使用盾构的相关资料。

3．工作井位置和施工方法选择

采用盾构法施工时，一般需在盾构掘进的始端和终端设置工作井，按工作井的用途，分为盾构始发工作井和接收工作井，而在竣工后多被用作地铁车站、排水、通风等永久性结构。工作井位置选择要考虑不影响地面社会交通，对附近居民的噪声和振动影响较少，且能满足施工生产组织的需要。工作井应根据地质条件和环境条件，应选择安全经济和对周边影响小的施工方法，通常采用明挖法施工。

4．工作井断面尺寸确定

始发工作井平面尺寸应根据盾构安装的施工要求来确定。井壁上设有盾构始发洞口，井内设有盾构基座和反力架。始发工作井的长度应大于盾构主机长度3m，宽度应大于盾构直径3m以上；接收工作井的平面内净尺寸应满足盾构接收、解体和调头的要求；始发、接收工作井的井底板应低于始发和到达洞门底标高，并应满足相关装置安装和拆卸所需的最小作业空间要求。始发工作井尺寸应满足电瓶车出土吊装及管片吊装和人员下井楼梯安装的要求。

5．掘进前准备

盾构设备组装调试完成，开始掘进施工前，应完成下列工作：

（1）复核各工作井井位里程及坐标、洞门钢环制作精度和安装后的高程和坐标。

（2）盾构基座、负环管片和反力架等设施及定向测量数据的检查验收。

（3）管片及辅助材料储备。

（4）盾构掘进施工的各类报表。

（5）洞口土体加固和洞门密封止水装置检查验收。

二、盾构施工现场布置

（一）施工现场布置基本要求

（1）施工现场布置应根据合同工期和施工进度的要求，在规定的施工区域内正确处理施工期间所需各项设施之间的空间关系。

（2）在施工用地范围内，对施工现场的道路交通、材料仓库、材料堆场、临时房屋、大型施工设备、集土（泥）坑、拌浆系统、临时水电管线、消防器材垂直运输设备等做出合理的规划布置。

（二）施工现场平面布置与施工设施设置

1. 施工现场平面布置

主要包括盾构工作井、工作井防雨棚及防淹墙、垂直运输设备、管片堆场、管片防水处理场、拌浆站、料具间及机修间、同步注浆和土体改良泥浆搅拌站、两回路的变配电间等设施以及进出通道等。

2. 施工设施设置

（1）工作井施工需要采取降水措施时，应设相当规模的降水系统（水泵房）。

（2）采用气压法盾构施工时，施工现场应设置空压机房，以供给足够的压缩空气。

（3）采用泥水平衡盾构施工时，施工现场应设置泥浆处理系统（中央控制室）、泥浆池。

（4）采用土压平衡盾构施工时，应设置电机车电瓶充电间等设施。

三、盾构的组装调试与现场验收

（一）盾构的组装与调试

（1）组装前应完成下列准备工作：

1）根据盾构部件情况和场地条件，制定组装方案。

2）根据部件尺寸和重量选择起重设备，同时应根据场地条件选择组装设备。

3）核实起吊位置的地基承载力。

（2）盾构组装应按安全操作规程和组装方案进行。

（3）现场应配备消防设备，明火、电焊作业时，必须有专人负责。

（4）组装后，应先进行各系统的空载调试，然后应进行整机空载调试。

（二）盾构现场验收

（1）盾构现场验收应满足盾构设计的主要功能及工程使用要求，验收项目应包括下列内容：

1）盾构壳体。

2）刀盘。

3）管片拼装机。

4）螺旋输送机（土压平衡盾构）。

5）皮带输送机（土压平衡盾构）。

6）泥水输送系统（泥水平衡盾构）。

7）泥水处理系统（泥水平衡盾构）。

8）同步注浆系统。

9）集中润滑系统。

10）液压系统。

11）铰接装置。

12）电气系统。

13）渣土改良系统。

14）盾尾密封系统。

（2）盾构各系统验收合格并确认正常运转后，方可开始掘进施工。

（3）盾构现场验收时，应记录运转状况，并应进行评估，满足技术要求后方可验收通过。

1K413033　盾构施工阶段划分及始发与接收施工技术

一、盾构施工阶段划分

盾构施工一般分为始发、正常掘进和接收三个阶段。

始发是指盾构自始发工作井内盾构基座上开始掘进，到完成初始掘进（通常 50～100m）止。

始发结束后要拆除临时管片、临时支撑和反力架，分体始发时还要将后续台车移入隧道内，以便后续正常掘进。

接收是指自掘进距接收工作井 100m 到盾构到达接收工作井内接收基座上止。

从施工安全的角度讲，始发与接收是盾构法施工两个重要阶段。为保证盾构始发与接收施工安全，端头土体加固施工必须满足设计要求。

二、洞口土体加固技术

盾构法隧道施工中，洞门土体加固是盾构始发、到达技术的一个重要组成部分，洞门土体也是盾构始发、到达事故多发地带。因此，合理选择洞门土体加固施工工法和必要的加固监测，是保证盾构法隧道顺利施工的非常重要的环节。

（一）洞门（端头）土体加固的作用

（1）盾构从始发工作井进入地层前，首先应拆除始发工作井洞门处的围护结构，以便将盾构推入土层开始掘进；盾构到达接收工作井前，亦应先拆除洞门处工作井的围护结构，以便盾构进入接收工作井。

（2）由于拆除洞口围护结构后，在坑外水土压力作用下，会导致洞口土体失稳和地下水涌入工作井，且盾构在始发掘进的一段距离内或到达接收洞口前的一段距离内难以建立起土压（土压平衡盾构）或泥水压（泥水平衡盾构）以平衡开挖面的土压和水压。因此，拆除洞口围护结构前必须对洞口土体进行加固，通常在工作井施工过程中实施。

（3）拆除洞口围护结构及盾构掘进通过加固区域时，防止地层变形，进而引起工作井周边地面建筑物及地下管线等破坏。

（二）常用的洞口土体加固方法

（1）盾构工作井洞口土体加固与一般地基加固的不同之处是不仅仅要有强度要求，还要有渗透性要求，在此基础上，还要考虑经济性要求。这主要由加固范围、加固方法等的选择来决定。对于地铁盾构隧道，始发与到达端地层加固范围一般为隧道衬砌轮廓线外左右两侧各 3.0m、顶板以上 3.0m、底板以下 3.0m，并根据盾构直径增大而增大。加固长度根据土质而定，富水地层加固长度必须大于盾构本体长度 2m 及以上（刀盘＋盾壳）。

（2）常用的加固有化学注浆法、砂浆回填法、深层搅拌法、高压旋喷注浆法、冷冻法等。国内较常用的是深层搅拌法、高压旋喷注浆法、冷冻法（冷冻法常用的是垂直冷冻法，也可以采用垂直冻结与水平冻结相结合的方式），具体见图 1K413033-1。近期，在工作井围护采用盾构直接切削 GFRP 筋地下连续墙以及与加固方法相合的钢套筒法在高水压地层也有应用。

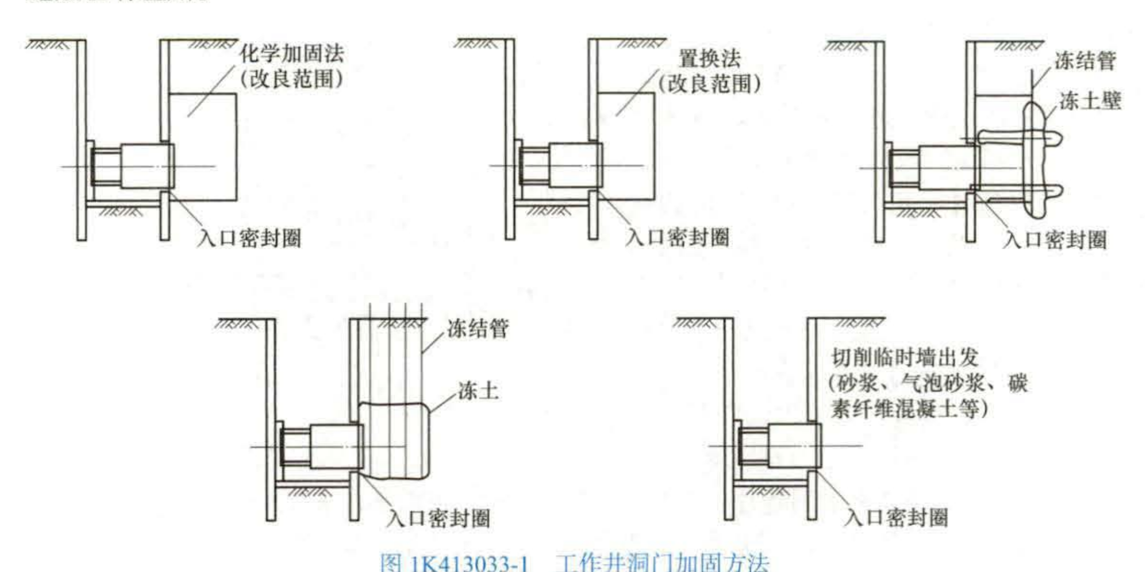


图 1K413033-1　工作井洞门加固方法

（3）冻结法有造价高、解冻后存在沉降等缺点，旋喷桩加固虽然效果好，但其造价远高于深层桩。所以，除工作井较深、洞门处土层为水头较高的承压水层外，洞门土体加固较为广泛采用的是深层搅拌法，并在搅拌桩加固体与连续墙间无法加固的间隙处，用旋喷法进行补充加固。

（三）洞口土体加固的风险防控和处理

（1）洞口土体加固最常见的问题有两点：一是加固效果不好，造成开洞门时土体坍塌；二是加固范围不当，造成始发时水土流失。在盾构掘进至到达工作井时，一种常见的风险事故是洞门处位于承压水地层时，由于加固体长度过短，水土沿着盾构外侧涌入到达工作井。

（2）洞口土体加固的效果不好是始发过程中经常遇到的施工问题。采取的主要措施是必须根据洞口处土体情况选择合理的加固方法，而且要加强过程控制，特别要严格控制加固施工参数。对于加固区与始发井形成的间隙要采取有效方法封堵处理。

（3）出现开洞门失稳现象时，在小范围的情况下可采用边破除洞门混凝土，边喷素混凝土的方法对土体临空面进行封闭。如果土体坍塌失稳情况严重时，只有封闭洞门重新加固。

（4）加固后地层应具有良好的均匀性和整体性，在凿除洞门后能够自稳，且具有低渗透性。洞口土体加固完成后，应进行钻孔取芯试验以检查效果。在加固区钻水平孔和垂直孔检查渗水量，水平孔分布于盾构隧道上、下、左、右部和中心处各 1 个，深 8m，其渗透系数$\leqslant 1.0\times10^{-8}$cm/s，其渗水量总计不大于 10L/min。垂直孔在加固区前端布置 2 个，在施工中钻孔误差较大的部位布设 1 个；其渗水量不大于 2L/min。检查孔使用后，采用

低强度水泥砂浆封孔。

三、盾构始发施工技术要点

（一）盾构始发施工流程

盾构始发是指利用反力架和负环管片，将始发基座上的盾构，由始发工作井推入地层，开始沿设计线路掘进的一系列作业。

盾构始发是盾构施工的关键环节之一，其主要内容包括：始发前工作井端头的地层加固、安装盾构始发基座、盾构组装及试运转、安装反力架、凿除洞门临时墙和围护结构（或盾构直接磨除）、安装洞门密封、盾构姿态复核、拼装负环管片、盾构贯入作业面建立土压（针对土压平衡盾构施工）和试掘进等。盾构始发流程见图 1K413033-2。

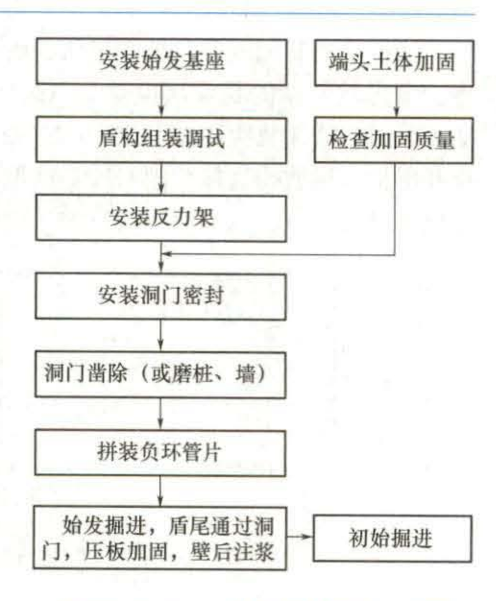


图 1K413033-2　盾构的始发施工流程

（二）初始掘进长度的确定

决定初始掘进长度的因素有两个：一是衬砌与周围地层的摩擦阻力，二是后续台车长度。

始发结束后要拆除临时管片、临时支撑和反力架，将后续台车移入隧道内，以便后续正常掘进。由于此后盾构的掘进反力只能由衬砌与周围地层的摩擦阻力承担，因此初始掘进长度 L 必须由以下条件确定：

$$L > F/2\pi rf \qquad (1K413033)$$

式中　L——从始发井开始的衬砌长度（m）；

F——盾构千斤顶推力（N）；

r——衬砌外半径（m）；

f——注浆后的衬砌与地层的摩擦阻力系数（N/m^2）。

若 L 大于后续台车长度，则取 L 为初始掘进长度；若 L 小于后续台车长度，则可综合权衡利弊后，确定 L 或后续台车长度为初始掘进长度。

（三）始发掘进施工要点

（1）盾构前如需破除洞门，应在条件验收后进行。

（2）始发前，应对洞口土体加固进行质量检查，合格后方可始发掘进；应制定洞门围护结构破除方案，并应采取密封措施保证始发安全。

（3）始发前，反力架应进行安全验算。

（4）始发时，应对盾构姿态进行复核。

（5）当负环管片定位时，管片环面应与隧道轴线相适应。拆除前，应验算成型隧道管片与地层间的摩擦力，并应满足盾构掘进反力的要求。

（6）当分体始发时，应保护盾构的各种管线，及时跟进后配套设备，并应确定管片拼装、壁后注浆、出土和材料运输等作业方式。

（7）盾尾密封刷进入洞门结构后，应进行洞门圈间隙的封堵和填充注浆。注浆完成后方可掘进。

（8）初始掘进过程中应控制盾构姿态和推力，加强监测，并应根据监测结果调整掘进

参数。

四、盾构接收施工技术要点

（一）盾构接收施工流程

盾构接收一般按下列程序进行：洞门凿除→接收基座的安装与固定→洞门密封安装→到达段掘进→盾构接收。如图 1K413033-3 所示。

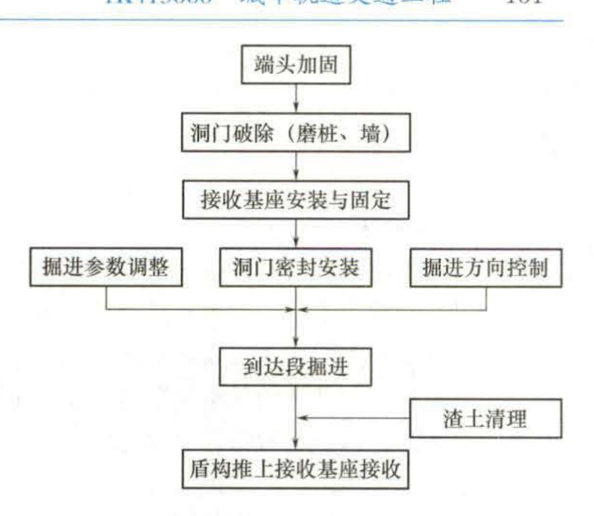


图 1K413033-3 盾构接收施工工艺流程图

接收设施包括盾构接收基座（也称接收架）、洞门密封装置。接收架一般采用盾构始发架。

（二）盾构接收施工的主要内容

盾构接收施工主要内容包括：

（1）接收井洞口土体加固。

（2）在盾构贯通之前 100m、50m 处分两次对盾构姿态进行人工复核测量。

（3）接收洞门位置及轮廓复核测量。

（4）根据前两项复测结果确定盾构姿态控制方案并进行盾构姿态调整。

（5）盾构接收架准备。

（6）接收洞门凿除。

（7）靠近洞门最后 10～15 环管片拉紧。

（8）贯通后刀盘前部渣土清理。

（9）盾构接收架就位、加固。

（10）洞门防水装置安装及盾构推出隧道。

（11）洞门注浆堵水处理。

（12）制作连接桥支撑小车、分离盾构主机和后配套机械结构连接件。

（三）接收施工要点

（1）盾构接收可分为常规接收、钢套筒接收和水（土）中接收。

（2）盾构接收前，应对洞口段土体进行质量检查，合格后方可接收掘进。

（3）当盾构到达接收工作井 100m 时，应对盾构姿态进行测量和调整。

（4）当盾构到达接收工作井 10m 内，应控制掘进速度和土仓压力等。

（5）当盾构到达接收工作井时，应使管片环缝挤压密实，确保密封防水效果。

（6）盾构主机进入接收工作井后，应及时密封管片环与洞门间隙。

1K413034 盾构掘进技术

下面以密闭式盾构为例简要介绍盾构掘进技术。

一、土压平衡盾构掘进

（一）土压平衡式掘进特点

土压平衡盾构，是将开挖下来的土砂充满到开挖面和隔板之间的泥土仓，根据需要在其中注入改良材料，用适当的土压力确保开挖面的稳定性。通过贯穿隔板设置的螺旋输送机，可在推进的同时进行排土。在施工时，必须在开挖两层隔板之间充满土砂，对其

进行加压达到满足开挖面的稳定需要的状态。为了获得适合于盾构推进量的排土量，要对土压力和出土量进行计量，对螺旋式排土器的转数和盾构的推进速度进行控制，达到平衡状态，同时，还要掌握刀盘扭矩和推力等，进行正确的控制管理以防止开挖面的松动和破坏。

（二）土仓压力管理

（1）在土压平衡盾构的施工中，为了确保开挖面的稳定，要适当地维持土仓压力。一般，如果土仓压力不足，发生开挖面的涌水或坍塌风险就会增大。如果压力过大，又会引起刀盘扭矩或推力的增大而发生推进速度下降或地面隆起等问题。

（2）土仓压力管理的基本思路是：作为上限值，以尽量控制地表面的沉降为目的而使用静止土压力；作为下限值，可以允许产生少量的地表沉降，但可确保开挖面的稳定为目的而使用主动土压力。

（3）掌握开挖面的稳定状态，一般是用设置在隔板上的土压计来确定土仓压力。

（4）推进过程中，土仓压力维持有如下的方法：① 用螺旋排土器的转数控制；② 用盾构千斤顶的推进速度控制；③ 两者的组合控制等。通常盾构设备采用组合控制的方式。

（5）要根据各施工条件实施良好的管理。另外，需要确认伴随推进所产生的地基的变形、排土状态、刀盘扭矩以及其变化情况，及时在推进中修正土仓压力。

（三）排土量管理

（1）为了一边保持开挖面的稳定一边顺利地进行推进，则需要适量地进行排土，以维持排土量和推进量相平衡。可是，由于围岩的重力密度在掘进中会有一定的波动，以及受添加剂的种类、添加量或排土方式等因素的影响，排出渣土的重力密度也会发生变化，所以要恰当地掌握排土量是比较困难的。另外，作为排土，其状态可在半固体状态到流体状态之间变化，其性状是各种各样的。因此，仅单独根据排土量的管理来控制开挖面坍塌或地基沉降是困难的，最好是根据压力舱的压力管理和开挖土量管理同时进行。

（2）排土量管理的方法可大致分为容积管理法和重量管理法。作为容积管理法，一般是采用计算渣土搬运车台数的方法或从螺旋排土器转数等进行推算。重量管理法，一般是用渣土搬运车重量进行验收。计算渣土搬运车台数的方法是一种粗略式的估计，由于应用简便，在现场使用较多。土压平衡盾构掘进控制程序见图 1K413034-1。

（四）渣土改良

土压平衡盾构的渣土排出量必须与掘进的挖掘量相匹配，以获得稳定而合适的支撑压力值，使掘进机的工作处于最佳状态。当通过调节螺旋输送机的转速仍不能达到理想的出土状态时，可以通过改良渣土的塑流状态来调整。

（1）改良渣土的特性：

在土压平衡工况模式下渣土应具有以下特性：

1）良好的塑流状态。

2）良好的黏稠度。

3）低内摩擦力。

4）低透水性。

（2）当渣土满足不了这些要求时，需通过向刀盘、土仓内及螺旋输送机内注入改良材料对渣土进行改良，常用的改良材料是泡沫或膨润土泥浆。

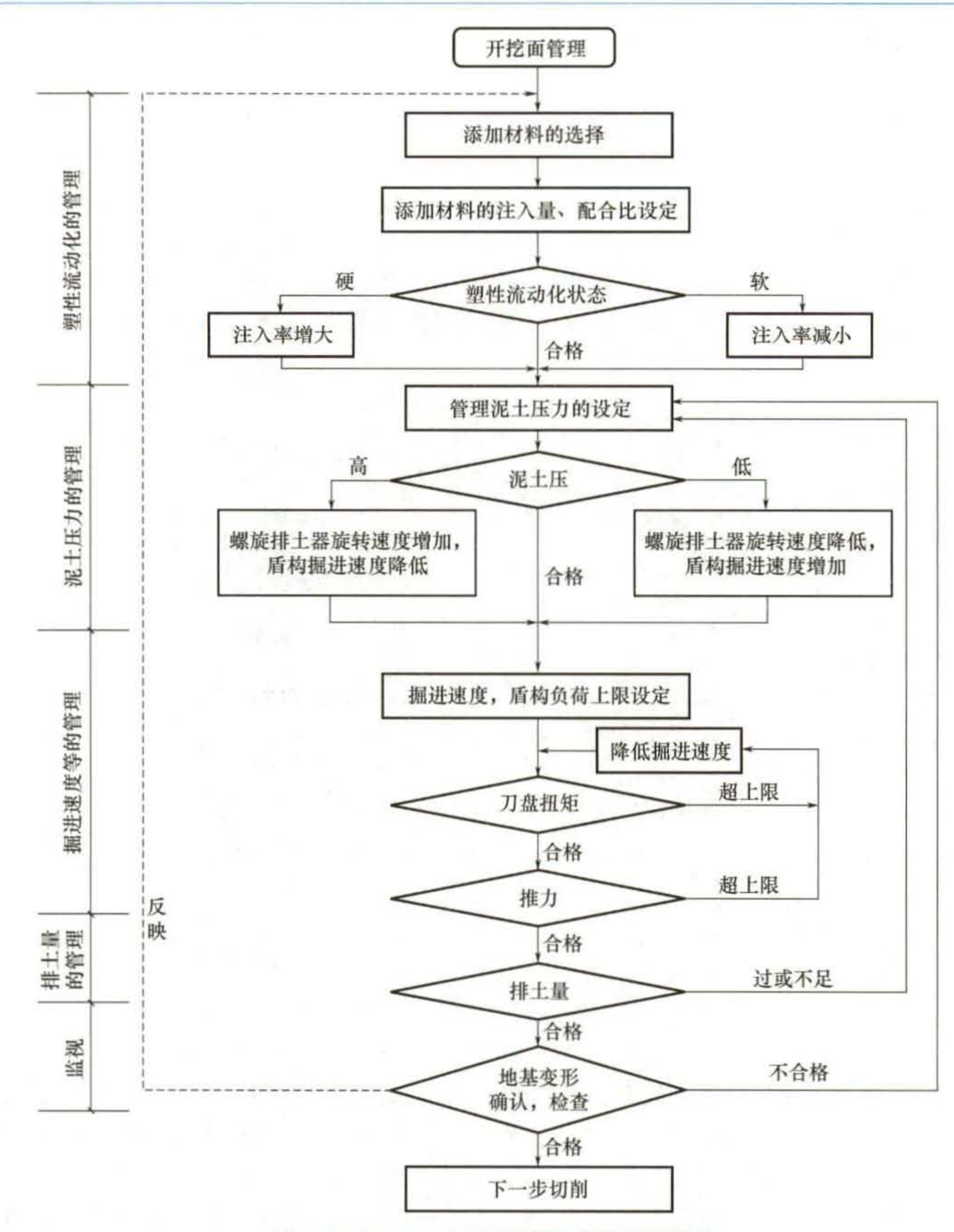


图 1K413034-1　土压平衡盾构掘进控制程序

（五）土压平衡盾构掘进要点

（1）开挖渣土应充满土仓，渣土形成的土仓压力应与刀盘开挖面外的水土压力平衡，并应使排土量与开挖土量相平衡。

（2）应根据隧道工程地质和水文地质条件、埋深、线路平面与坡度、地表环境、施工监测结果、盾构姿态以及始发阶段的经验，设定盾构刀盘转速、掘进速度和土仓压力等掘进参数。

（3）掘进中应监测和记录盾构运转情况、掘进参数变化和排出渣土状况，并应及时分析反馈，调整掘进参数和控制盾构姿态。

（4）应根据工程地质和水文地质条件，向刀盘前方及土仓注入改良剂，渣土应处于流塑状态。

二、泥水平衡盾构掘进

（一）泥水平衡盾构掘进特点

泥水平衡盾构掘进过程中，一边用泥浆维持开挖面的稳定，一边用机械开挖方式来开挖。渣土由泥浆输送到地面。该施工方法是将开挖设备、开挖面稳定系统、渣土处理设备作为一个整体系统来进行使用的。系统的运行要充分考虑到排土量、泥浆质量、开挖面状态、壁后注浆、送排泥流量、排泥流速等条件的设定和管理（见图 1K413034-2）。

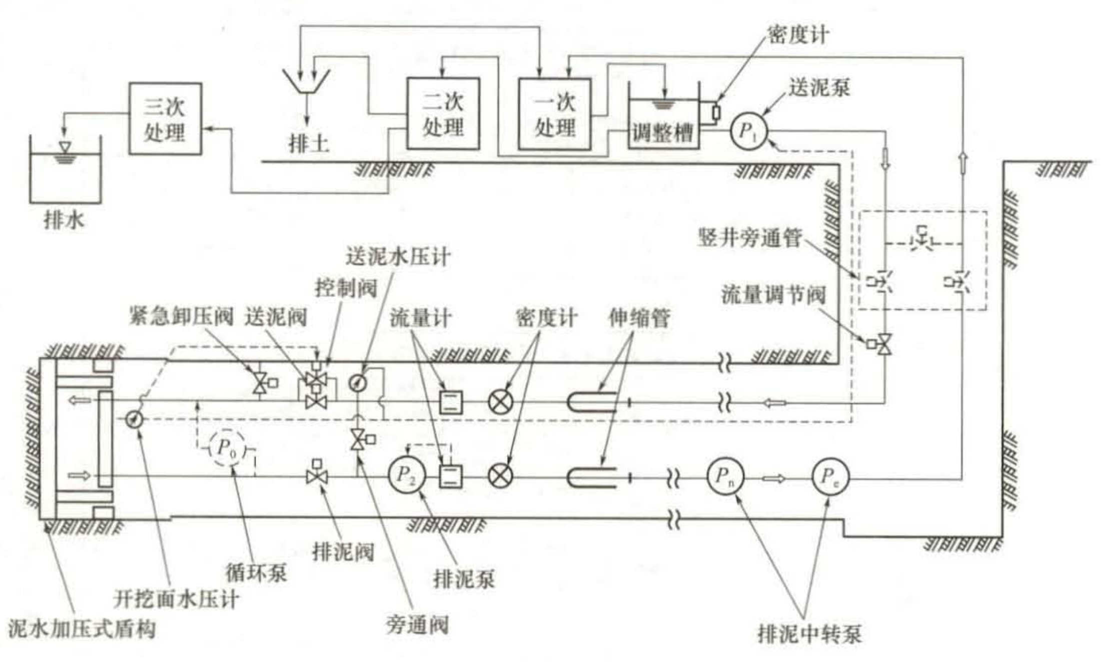


图 1K413034-2 泥水平衡盾构施工系统（开挖掘进和泥水处理）

（二）泥水仓压力管理

（1）在泥水平衡盾构施工法中，为了确保开挖面的稳定，需要根据开挖面的土质及土水压力适当地设定泥浆压力。一般，如果泥浆压力不足，发生开挖面坍塌的危险就会增大，如果压力过大，又会出现泥浆喷发和地面隆起的可能。

（2）泥水仓压力管理的基本思路是：作为上限值，以尽量控制地表面的沉降为目的而使用静止土压力；作为下限值，在允许少量沉降，但以保持开挖面稳定为目的而使用主动土压力。

（3）掌握开挖面的稳定状态，一般是用设置在隔板上的水压计来确认泥水仓内的泥水压力。

（4）作为掌握开挖面状态的开挖面探查法，和土压平衡盾构一样，也有使用机械触探法或非接触性电磁波、超声波调查法的。但两者都是用来探查开挖面前方或上方的局部疏松或空洞，为判断开挖面稳定状态提供辅助性信息。

（三）排土量管理

为了一边保持开挖面的稳定一边顺利地推进开挖，开挖时需要使排出和开挖的土量相

平衡。泥水加压盾构施工，一般是从设置在送泥管和排泥管上的流量计和密度计取得数据，通过计算求出偏差流量和开挖干砂量，以把握开挖面的状态。这一方法也可用来推断围岩的地质变化，为此要对前几环的偏差流量和开挖干砂量进行统计计算。泥水平衡盾构掘进控制程序见图 1K413034-3。

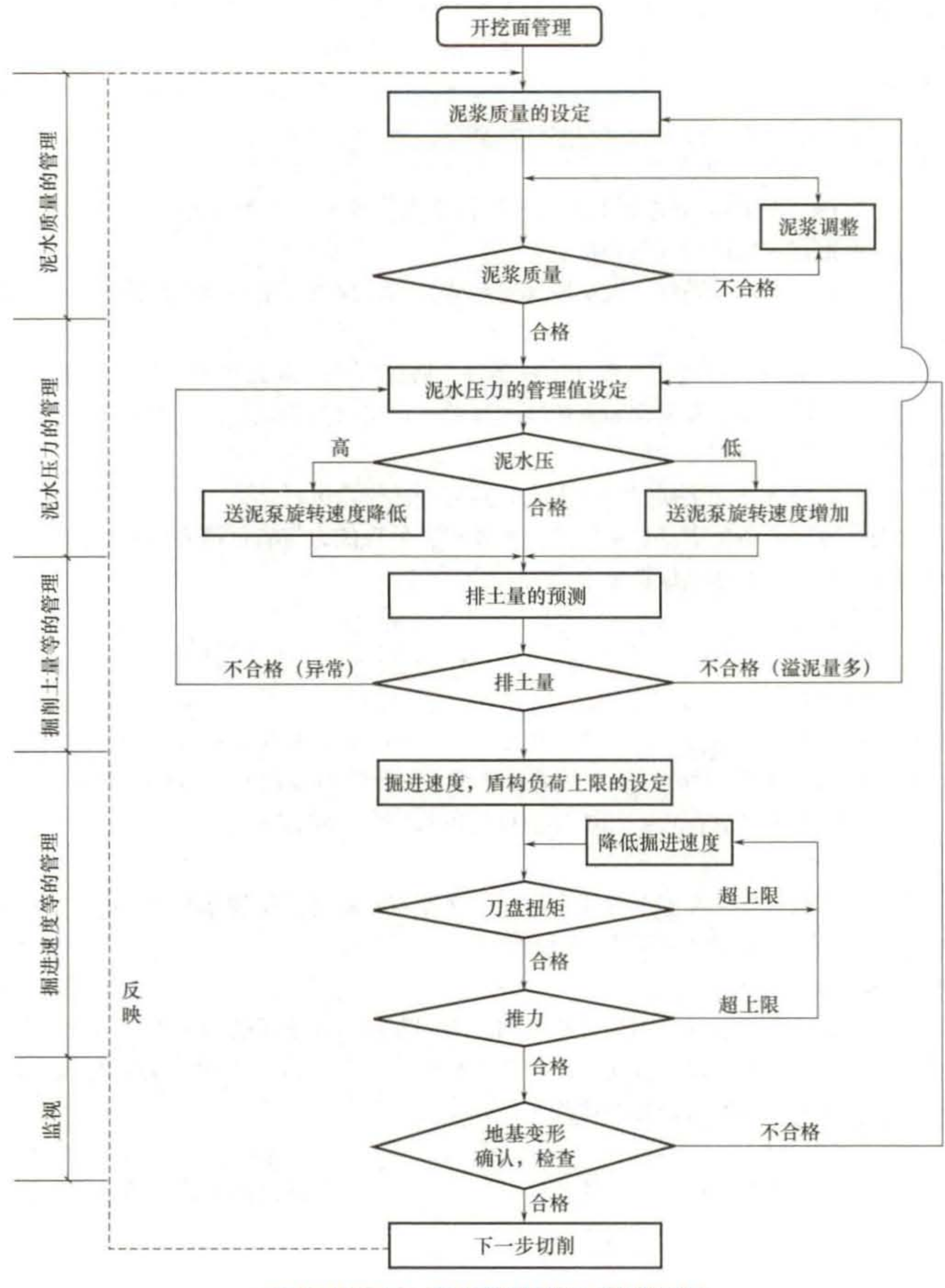


图 1K413034-3 泥水平衡盾构掘进控制程序

（四）泥水处理系统和仓内破碎技术

（1）开挖下来的土、砂在泥水仓内经搅拌翼等搅拌混合，通过排泥管道输送到地面。

运到地面的泥浆，用一次分离装置，除去砾、砂等；粉砂、黏土等添加凝固材料等形成块（团粒）。在此基础上，用机械处理或其他的方法，从泥浆中分离出固粒与砾、砂等排出、运走。分离后剩余的泥浆，加上水、黏土、蒙脱土、增黏剂等，调整相对密度、浓度、黏性，再被输送到开挖面循环利用。

（2）泥水平衡盾构维持开挖面稳定的关键是在开挖面形成高质量的泥膜。因此，要对排泥管排出的泥水进行处理，处理后的泥水经调整后再通过送泥管泵入泥水仓。

（3）对于大粒径的砾石，需要用安装在泥水仓内的破碎机粉碎。另外，对于无法进入刀盘开口的砾石，通过刀盘上的滚刀破碎处理。

（五）泥水平衡盾构掘进要点

（1）泥浆压力与开挖面的水土压力应保持平衡，排出渣土量与开挖渣土量应保持平衡，并应根据掘进状况进行调整和控制。

（2）应根据工程地质条件，经试验确定泥浆参数，应对泥浆性能进行检测，并实施动态管理。

（3）应根据隧道工程地质与水文地质条件、隧道埋深、线路平面与坡度、地表环境、施工监测结果、盾构姿态和盾构始发阶段的经验，设定盾构刀盘转速、掘进速度、泥水仓压力和送排泥水流量等掘进参数。

（4）泥水管路延伸和更换，应在泥水管路完全卸压后进行。

（5）泥水分离设备应满足地层粒径分离要求，处理能力应满足最大排渣量的要求，渣土的存放和运输应符合环境保护要求。

三、管片拼装

（一）拼装方法

1. 管片选型

应根据设计要求，选择管片类型、排板方法、拼装方式和拼装位置；当在曲线地段或需纠偏时，管片类型和拼装位置的选择应根据隧道设计轴线和上一环管片姿态、盾构姿态、盾尾间隙、推进油缸行程差和铰接油缸行程差等参数综合确定。

2. 拼装顺序

一般从下部的标准（A型）管片开始，依次左右两侧交替安装标准管片，然后拼装邻接（B型）管片，最后安装楔形（K型）管片。

3. 盾构千斤顶操作

拼装时，禁止盾构千斤顶同时全部缩回，否则在开挖面土压的作用下盾构会后退，开挖面将异常不稳定（开挖面土压损失，并失去平衡），管片拼装空间也将难以保证。因此，随管片拼装顺序分别缩回该位置的盾构千斤顶非常重要。

4. 紧固连接螺栓

先紧固环向（管片之间）连接螺栓，后紧固轴向（环与环之间）连接螺栓。采用扭矩扳手紧固，紧固力取决于螺栓的直径与强度。

5. 楔形管片安装方法

楔形管片安装在邻接管片之间，为了不发生管片损伤、密封条剥离，必须充分注意正确地插入楔形管片。为方便插入楔形管片，可装备能将邻接管片沿径向向外顶出的千斤顶，以增大插入空间。

拼装径向插入型楔形管片时，先径向重叠顶起，再纵向插入。

6. 复紧连接螺栓

一环管片拼装后，利用全部盾构千斤顶均匀施加压力，充分紧固轴向连接螺栓。

盾构继续掘进后，在盾构千斤顶推力、脱出盾尾后土（水）压力及失去盾壳约束后管片自重和土压力的作用下衬砌会产生变形，拼装时紧固的连接螺栓会松弛。为此，待推进到千斤顶推力影响不到的位置后，用扭矩扳手等再一次紧固连接螺栓。再复紧的位置随隧道外径、隧道线形、管片种类、地质条件等而不同。

（二）真圆保持

管片拼装呈真圆，并保持真圆状态，对于确保隧道尺寸精度、提高施工速度与止水性及减少地层沉降非常重要。

管片环从盾尾脱出后，到注浆浆体硬化并将管片间隙填充密度，达到约束管片变形的条件时，多采用真圆保持装置。

（三）管片拼装施工要点

（1）管片拼装前，应对上一衬砌环面进行清理。

（2）应控制盾构推进千斤顶的推力和行程，并应保持盾构姿态和开挖面稳定。

（3）应根据管片位置和拼装顺序，逐块依次拼装成环。

（4）管片连接螺栓紧固扭矩应符合设计要求。管片拼装完成，脱出盾尾后，应对管片螺栓及时复紧。

（5）拼装管片时，应防止管片及防水密封条损坏。

（6）对已拼装成环的衬砌环应进行椭圆度抽查。

（7）当盾构在既有结构内空推并拼装管片时，应合理设置导台，并应采取措施控制管片拼装质量和壁后填充效果。

（8）当在富水稳定岩层掘进时，应采取防止管片上浮、偏移或错台的措施。

（9）当在联络通道等特殊位置拼装管片时，应根据特殊管片的设计位置，预先调整盾构姿态和盾尾间隙，管片拼装应符合设计要求。

（四）管片拼装误差及其控制

管片拼装时，若管片间连接面不平行，导致环间连接面不平，则拼装中的管片与已拼管片的角部呈点接触或线接触，在盾构千斤顶推力作用下管片易发生碎裂（见图 1K413034-4）。为此，拼装管片时，各管片连接面要拼接整齐，连接螺栓要充分紧固。



图 1K413034-4 管片环间连接面不平状况示意图

另外，盾构掘进姿态与管片环姿态不一致并达到一定程度时，盾构与管片产生干涉，将导致管片损伤或变形。伴随管片宽度增加，上述情况增多。为防止管片损伤，预先要根据曲线半径与管片宽度研究确定适宜的盾构方向控制方法，施工中对每环管片的盾尾间隙认真检测，并对隧道线形与盾构方向严格控制。在盾构与管片产生干涉的场合，必须迅速

改变盾构方向、消除干涉。

盾构纠偏应及时连续，过大的偏斜量不能采取一次纠偏的方法，纠偏时不得损坏管片，并保证后一环管片的顺利拼装。

（五）管片修补

当已拼装完成的钢筋混凝土管片表面出现《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446—2017 第 6.6.2 条中规定的一般缺陷时，应及时修补。修补后质量应符合验收要求。

管片修补时，应分析管片破损原因及程度，制定修补方案。修补材料强度不应低于管片强度。

四、壁后注浆

壁后注浆是向管片与围岩之间的空隙注入填充浆液，向管片外压浆的工艺，应根据所建工程对隧道变形及地层沉降的控制要求来确定。根据工程地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备性能等选择注浆方式。注浆过程中，应采取减少注浆施工对周围环境影响的措施。

（一）壁后注浆的目的

管片壁后注浆按与盾构推进的时间和注浆目的不同，可分为同步注浆、二次注浆和堵水注浆。

1. 同步注浆

同步注浆与盾构掘进同时进行，是通过同步注浆系统，在盾构向前推进盾尾空隙形成的同时进行，浆液在盾尾空隙形成的瞬间及时起到充填作用，使周围土体获得及时的支撑，可有效防止岩体的坍塌，控制地表的沉降。

2. 二次注浆

管片背后二次补强注浆则是在同步注浆结束以后，通过管片的吊装孔对管片背后进行补强注浆（补充部分未填充的空腔，提高管片背后土体的密实度），以提高同步注浆的效果。二次注浆的浆液充填时间要滞后掘进一段时间，对隧道周围土体起到加固和止水的作用。

3. 堵水注浆

为提高背衬注浆层的防水性及密实度，在富水地区考虑前期注浆受地下水影响以及浆液固结率的影响，必要时在二次注浆结束后进行堵水注浆。

盾构推进时，盾尾空隙在围岩塌落之前要及时地进行压浆，以充填空隙、稳定地层，此举不但可防止地面沉降，而且有利于隧道衬砌的防水。选择合适的浆液、注浆参数、注浆工艺，在管片外围形成稳定的固结层，将管片包围起来，形成一个保护圈，防止地下水侵入隧道中。壁后注浆的目的如下：

（1）使管片与围岩之间的环形空隙尽早建立注浆体的支撑体系，防止隧道周围土体塌陷与地下水流失造成地层损失，控制地面沉降值。

（2）尽快获得注浆体的固结强度，确保管片初衬结构的早期稳定性，防止长距离的管片衬砌背后处于无支承力的浆液环境内，使管片发生移位变形。

（3）作为隧道衬砌结构加强层，具有耐久性和一定强度。充填密实的注浆体将地下水与管片隔离，避免或大大减少地下水直接与管片接触的机会，从而成为管片的保护层，避免或减缓了地下水对管片的侵蚀，提高衬砌结构的耐久性。

（二）同步注浆方法与工艺

同步注浆：通过注浆系统及盾尾的内置注浆管，可采用双泵四管路（四注入点）对称同时注浆（见图 1K413034-5）。注浆可根据需要采用自动控制或手动控制，自动控制方式即预先设定注浆压力，由控制程序自动调整注浆速度，当注浆压力达到设定值时，自行停止注浆。手动控制方式则由人工根据掘进情况随时调整注浆流量、速度、压力。

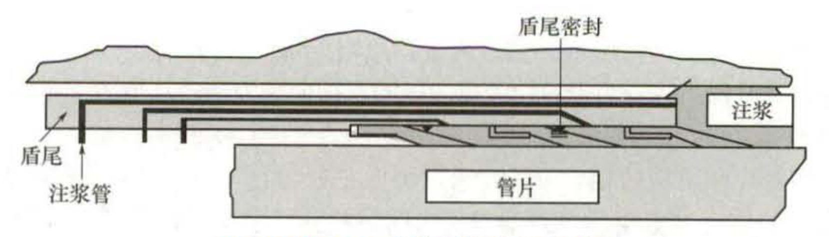


图 1K413034-5 同步注浆方法示意图

（三）注浆材料与参数

（1）根据注浆要求，应通过试验确定注浆材料和配合比。可按地质条件、隧道条件和周边环境条件选用单液或双液注浆材料。

（2）注浆材料的强度、流动性、可填充性、凝结时间、收缩率和环保等应满足施工要求。

（3）应根据注浆量和注浆压力控制同步注浆过程，注浆速度应根据注浆量和掘进速度确定。

（4）注浆压力应根据地质条件、注浆方式、管片强度、设备性能、浆液特性和隧道埋深等因素确定。

（5）同步注浆的充填系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，充填系数宜为1.30～2.50。

（6）二次注浆的注浆量和注浆压力应根据环境条件和沉降监测结果等确定。

（四）壁后注浆施工要点

（1）注浆前，应根据注浆施工要求准备拌浆、储浆、运浆和注浆设备，并应进行试运转。

（2）注浆前，应对注浆孔、注浆管路和设备进行检查。

（3）浆液应符合下列规定：

1）浆液应按设计施工配合比拌制。

2）浆液的相对密度、稠度、和易性、杂物最大粒径、凝结时间、凝结后强度和浆体固化收缩率均应满足工程要求。

3）拌制后浆液应易于压注，在运输过程中不得离析和沉淀。

（4）合理制定壁后注浆的工艺，并应根据注浆效果调整注浆参数。

（5）宜配备自动记录注浆量、注浆压力和注浆时间等参数的仪器。

（6）注浆作业应连续进行。作业后，应及时清洗注浆设备和管路。

（7）采用管片注浆口注浆后，应封堵注浆口。

五、盾构姿态控制

线形控制的主要任务是通过控制盾构姿态，使构建的衬砌结构几何中心线线形顺滑，

且位于设计中心线的容许误差范围内。

（一）推进管理测量

（1）为了使隧道线路控制在施工容许误差以内，在盾构推进时，需根据隧道内测量进行推进管理测量。推进管理测量，要根据规定的测量方法，使用适当的测量设备，力求提高作业的效率。

（2）在推进时，为了尽早掌握盾构装配的管片与计划线路之间的偏差，立即修正盾构推进方向，要频繁仔细地实施推进管理测量，原则上每天进行两次；对于已组装的管片，测定盾构的相对位置，或者测量盾构的纵向偏差、横向偏差和转动偏差等量，以掌握盾构的位置和状态。

（3）关于管片和盾构的相对位置，通过测量左右、上下千斤顶的行程差和盾尾空隙，就能确定大致的情况。盾构的横向偏差、纵向偏差和转动偏差，能通过在盾构上设置测锤、倾斜仪、回转罗盘，或使用经纬仪等来测量。另外，通过使用自动测量系统，也能实时取得测量结果。

（二）盾构姿态控制要点

（1）应通过调整盾构掘进液压缸和铰接液压缸的行程差控制盾构姿态。

（2）应实时测量盾构里程、轴线偏差、俯仰角、方位角、滚转角和盾尾管片间隙，应根据测量数据和隧道轴线线型，选择管片型号。

（3）应对盾构姿态及管片状态进行测量和复核，并记录。

（4）纠偏时应控制单次纠偏量，应逐环和小量纠偏，不得过量纠偏。

（5）根据盾构的横向和竖向偏差及滚转角，调整盾构姿态可采取液压缸分组控制或使用仿形刀适量超挖或反转刀盘等措施。

1K413035 盾构法施工地层变形控制措施

本条以密闭式盾构为主简要介绍盾构施工地层变形及其控制措施。

一、近接施工与近接施工管理

（1）新建盾构隧道穿越或邻近既有地下管线、交通设施、建（构）筑物（以下简称既有结构物）的施工被称为近接施工。在城市中建造地铁时近接施工不可避免，且随着地下空间的开发利用会日益增多，因此，盾构施工必须考虑控制影响区域的地层变形，采取有效的既有结构物保护措施。

（2）近接施工管理：

盾构近接施工会引发地层变形，对既有结构物会造成不同程度的有害影响，因此有必要采取系统性措施控制地层变形以保护既有结构物。首先，应详细调查工程条件、地质条件、环境条件（即既有结构物现况与安全要求），在调查的基础上进行分析与预测、制定防护措施；其次，制定专项施工方案；最后，施工过程中通过监控量测反馈指导施工而确保既有结构物安全。

二、地层变形原因、阶段以及影响因素

（1）盾构掘进时，引起地层变形的主要原因大致有以下几个：

1）开挖面的土、水压力与盾构压力仓压力不均衡，引起前方地表沉降或隆起。

2）由于盾壳摩擦和曲线推进及纠偏对围岩产生扰动，引起地层沉降或隆起。

3）壁后同步注浆不及时或不充分，导致盾尾空隙的发生，引起地层沉降。

4）由于接头螺栓紧固不足等原因引起一次衬砌的变形及变位，从而增大地层下沉。

5）开挖或衬砌渗漏导致地下水位下降，引起地层固结沉降。

一般情况下，盾构推进诱发的地层变形是上述诸原因引起的地层隆起或下沉的重叠效果，其变形阶段如图 1K413035 的①～⑤所示，最后达到最终值。

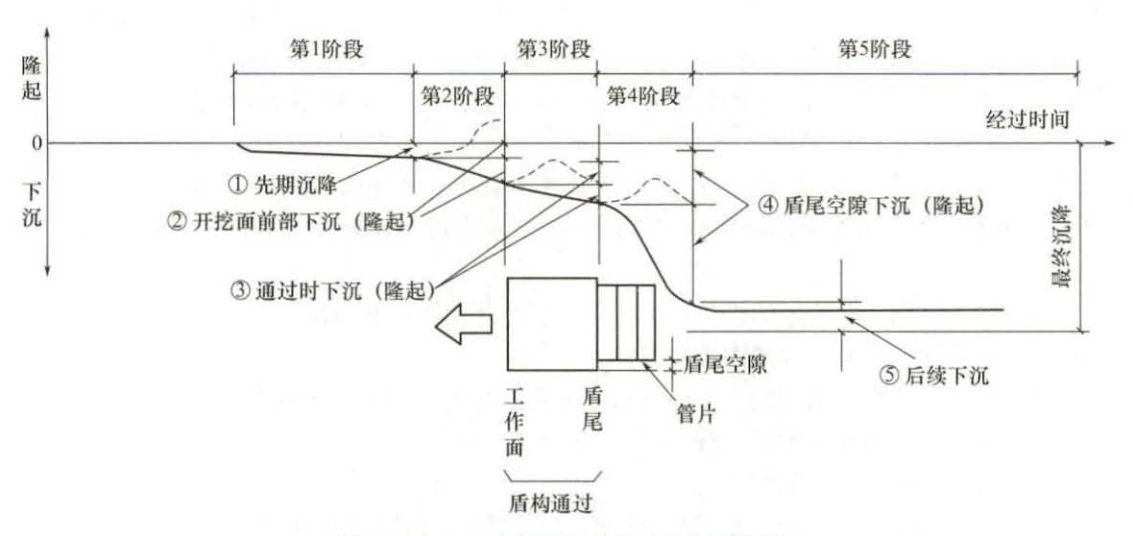


图 1K413035 盾构掘进地层变形阶段示意图

（2）盾构施工引起地层某一断面的变形 - 时间曲线划分为 5 个阶段：

第 1 阶段：发生在盾构到达该断面之前。对于砂质土，先期沉降是由地下水位下降引起的；软弱黏性土的先期沉降则是由于开挖面的过量取土而引起的。

第 2 阶段：盾构通过该断面前，若盾构控制土压（泥水压）不足或过大，由于开挖面土体变形引起地层沉降或隆起。

第 3 阶段：发生在盾构通过该断面时，由于超挖、曲线掘进或纠偏、盾壳与周围土体的摩擦等原因而发生地层沉降或隆起。

第 4 阶段：盾构通过该断面后产生的变形，是由于盾尾空隙的出现引起应力释放或壁后注浆压力过大而产生的。盾构施工引起的地层沉降变形中的大部分都是这类变形。

第 5 阶段：盾构通过该断面后较长时间内仍然持续发生的沉降变形，主要由于盾构掘进造成的地层扰动、松弛等引起，在软弱黏性土地层中施工表现最为明显，而在砂性土或密实的硬黏性土中施工基本不发生。

（3）盾构施工引起的地层变形大小与地层条件和覆土比（覆土厚度与盾构直径比）等因素有关。洪积性地层和冲积性砂质土时，地层变形量在传递到地表的过程中减少；冲积性黏性土正相反，盾构通过后，下沉还长时间继续，即使覆土比大，最终地表下沉与地中下沉一样。在软土地层施工中，往往用地层损失率来控制盾构施工的效果。

三、盾构掘进地层变形控制措施

由于盾构掘进引起地层变形的原因不同，各阶段的机理也不相同，因此必须有针对性地采取控制措施。

（1）防止开挖面的土水压力不均衡引起变形的措施：土压平衡盾构可通过调整推进速

度与螺旋出土器的转速，使压力舱压力与开挖面土水压力相对应。另外，根据需要注入适当的添加剂增加开挖土体的塑流性。泥水加压盾构可根据开挖面土层的透水性来调整泥浆特性，并仔细进行泥浆管理，使压力舱压力始终对应于开挖面的土水压力。实施这些开挖面稳定管理的同时，还应根据需要研究相应的辅助施工方法以保证围岩的稳定。

（2）减小盾构穿越过程中围岩变形的措施：控制好盾构姿态，避免不必要的纠偏作业。出现偏差时，应本着“勤纠、少纠、适度”的原则操作。纠偏时或曲线掘进时需要超挖，应合理确定超挖半径与超挖范围，尽可能减少超挖。土压平衡盾构在软弱或松散地层掘进时，盾构外周与周围土体的黏滞阻力或摩擦力较大时，应采取减阻措施。

（3）减小盾尾脱出导致地层变形的措施：用同步注浆方式，及时填充尾部空隙；根据地质条件、工程条件等因素，合理选择单液注浆或双液注浆，正确选用注浆材料与配合比，以便及时稳定住拼装好的衬砌结构；加强注浆量与注浆压力控制；及时进行二次注浆。

（4）防止衬砌引起变形的措施：为了防止管片环变形，必须使用形状保持装置等来确保管片组装精度，同时充分紧固接头螺栓。

（5）防止开挖或衬砌渗漏导致地下水位下降的措施：为了防止从管片接头、壁后注浆孔等部位漏水，必须精细地进行管片组装及防水作业。

四、地层变形的预测和施工监测

（1）为了减少地层变形，推进前应根据过去的施工经验和有限单元法等进行预测，以预测结果为依据设定土仓压力或泥水仓压力管理基准值。同时，在推进时，要在隧道中心线上及其两侧范围内设定变形监测点，根据变形监测结果适时地调整管理基准值。这一过程在盾构掘进施工管理中是很重要的。

（2）地面和隧道内监测点宜在同一断面布设；盾构通过后，处于同一断面内的监测数据应同步采集，并应收集同期盾构掘进参数。

（3）施工监测项目应符合表 1K413035 的规定。当穿越水域、建（构）筑物及其他有特殊要求地段时，应根据设计要求确定。

施工监测项目　　表 1K413035

类别	监测项目
必测项目	施工区域地表隆沉、沿线建（构）筑物和地下管线变形
	隧道结构变形
选测项目	岩土体深层水平位移和分层竖向位移
	衬砌环内力
	地层与管片的接触应力

（4）竖向位移监测可采用水准测量方法，水准基点应埋设在变形影响范围外，且不得少于 3 个；水平位移监测可采用边角测量或卫星定位等方法，并应建立水平位移监测控制网，水平位移监测控制点宜采用具有强制对中装置的观测墩和照准装置；当采用物理传感器监测时，传感器埋设应符合仪器埋设规定和监测方案的规定；当竖向位移监测采用静力水准测量方法时，静力水准的埋设、连接、观测、数据处理等应符合国家现行相关标准要求，测量精度应与水准测量要求相同。

【案例1K413035】

1. 背景

某地铁隧道盾构法施工，隧道穿越土层有黏土、粉土、细砂、小粒径砂卵石、含有上层滞水，覆土厚度8～14m，采用土压平衡盾构施工。施工项目部依据施工组织设计在具备始发条件后开始隧道施工，掘进过程中始终按施工组织设计规定的各项施工参数执行。

施工过程中发生以下事件：

事件一：拆除始发工作井洞口围护结构后发现洞口土体渗水，洞口土体加固段掘进时地表沉降超过允许值。

事件二：在细砂、砂卵石地层中掘进时，土压计显示开挖面土压波动较大；从螺旋输送机排出的土砂坍落度较低。

2. 问题

（1）施工项目部依据施工组织设计开始隧道施工是否正确？如不正确，写出正确做法。

（2）掘进过程中始终按施工组织设计规定的各项施工参数执行是否正确？如不正确，写出正确做法。

（3）分析事件一发生的主要原因以及正确的做法。

（4）分析事件二发生的主要原因以及应采取的对策。

3. 参考答案

（1）不正确。根据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（中华人民共和国住房和城乡建设部令第37号，2019年3月13日经中华人民共和国住房和城乡建设部令第47号修正）和《住房城乡建设部办公厅关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》（建办质〔2018〕31号）的规定，盾构工程属于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程，实施前，施工单位应编制专项安全施工方案并组织专家论证后方可实施。

（2）不正确。首先，在初始掘进过程中应根据收集的盾构掘进数据（推力、刀盘扭矩等）及地层变形量测量数据，判断土压（泥水压）、注浆量、注浆压力等设定值是否适当，及时进行调整，并通过测量盾构与衬砌的位置，及早把握盾构掘进方向控制特性，为正常掘进控制提供依据；其次，由于掘进过程中地层条件、覆土厚度等差异很大，应根据实际情况适时调整施工参数；最后，根据反馈的监控量测数据及时调整相关的施工参数。

（3）事件一发生的主要原因是洞口土体加固效果不满足要求。正确做法是：

1）根据地质条件、地下水位、盾构种类与外形尺寸、覆土深度及施工环境条件等，明确加固目的后，合理确定加固方法，保证加固范围；本案例的加固目的——既要加固又应止水。

2）拆除洞口围护结构前要确认洞口土体加固效果，必要时进行补注浆加固。

（4）事件二发生的主要原因是塑流化改良效果欠佳。应采取的对策主要有：

1）选择适宜的改良材料，并结合出土情况、盾构参数等，按照配合比添加改良

材料。

2）开挖面土压波动大的情况下，开挖面一般不稳定，此时应加强出土量管理。

1K413040　喷锚暗挖（矿山）法施工

1K413041　喷锚暗挖法的掘进方式选择

市政公用地下工程，因地下障碍物和周围环境限制通常采用喷锚暗挖（矿山）法中的浅埋暗挖法施工。

一、浅埋暗挖法与掘进方式

浅埋暗挖法施工因掘进方式不同，可分为众多的具体施工方法，如全断面法、正台阶法、环形开挖预留核心土法、单侧壁导坑法、双侧壁导坑法、中隔壁法、交叉中隔壁法、中洞法、侧洞法、柱洞法等。

（一）全断面开挖法

（1）全断面开挖法适用于土质稳定、断面较小的隧道施工，适宜人工开挖或小型机械作业。

（2）全断面开挖法采取自上而下一次开挖成型，沿着轮廓开挖，按施工方案一次进尺并及时进行初期支护。

（3）全断面开挖法的优点是可以减少开挖对围岩的扰动次数，有利于围岩天然承载拱的形成，工序简便；缺点是对地质条件要求严格，围岩必须有足够的自稳能力。

（二）台阶开挖法

（1）台阶开挖法适用于土质较好的隧道施工，以及软弱围岩、第四纪沉积地层隧道。

（2）台阶开挖法将结构断面分成两个以上部分，即分成上下两个工作面或几个工作面，分步开挖。根据地层条件和机械配套情况，台阶法又可分为正台阶法和中隔壁台阶法等。正台阶法能较早使支护闭合，有利于控制其结构变形及由此引起的地面沉降。

（3）台阶开挖法优点是具有足够的作业空间和较快的施工速度，灵活多变，适用性强。

（4）台阶开挖法注意事项：

1）台阶法应根据地质和开挖断面跨度等确定开挖台阶长度，土质隧道台阶长度不宜超过隧道宽度的1倍，台阶不宜多于3级。

2）一次循环开挖长度，稳定岩体中应根据机械开挖能力确定，一般不宜大于4m；土层和不稳定岩体中一次循环开挖长度应符合设计文件要求。

（三）环形开挖预留核心土法

（1）环形开挖预留核心土法适用于一般土质或易坍塌的软弱围岩、断面较大的隧道施工，是城市第四纪软土地层浅埋暗挖法最常用的一种标准掘进方式。

（2）一般情况下，将断面分成环形拱部（见表1K413041对应工法示意图中1、2、3）、上部核心土（见表1K413041对应工法示意图中4）、下部台阶（见表1K413041对应工法示意图中5）等三部分。根据断面的大小，环形拱部又可分成几块交替开挖。环形开挖进尺为0.5～1.0m，不宜过长。台阶长度一般以控制在1D内（D一般指隧道跨度）

为宜。

（3）施工作业流程：用人工或单臂掘进机开挖环形拱部→架立钢支撑→挂钢筋网→喷射混凝土。在拱部初期支护保护下，为加快进度，宜采用挖掘机或单臂掘进机开挖核心土和下台阶，随时接长钢支撑和喷射混凝土、封底。视初期支护的变形情况或施工步序，安排二次衬砌施工作业。

（4）方法的主要优点：

1）因为开挖过程中上部留有核心土支承着开挖面，能迅速及时地建造拱部初期支护，所以开挖工作面稳定性好。

2）和台阶法一样，核心土和下部开挖都是在拱部初期支护保护下进行的，施工安全性好。与超短台阶法相比，台阶长度可以适度加长，以减少上、下台阶施工干扰。与下述的单侧壁法相比，施工机械化程度可相对提高，施工速度可加快。

（5）注意事项：

1）虽然核心土增强了开挖面的稳定，但开挖中围岩要经受多次扰动，而且断面分块多，支护结构形成全断面封闭的时间长，这些都有可能使围岩变形增大。因此，常要结合辅助施工措施对开挖工作面及其前方岩体进行预支护或预加固。

2）由于拱形开挖高度较小，或地层松软锚杆不易成型，所以对城市第四纪地层，施工中一般不设或少设锚杆。

（四）单侧壁导坑法

（1）单侧壁导坑法适用于断面跨度大，地表沉降难于控制的软弱松散围岩中隧道施工。

（2）单侧壁导坑法是将断面横向分成3块或4块：侧壁导坑、上台阶、下台阶（分别见表1K413041中对应工法示意图的1、2、3），侧壁导坑尺寸应本着充分利用台阶的支撑作用，并考虑机械设备和施工条件而定。

（3）一般情况下侧壁导坑宽度不宜超过0.5倍洞宽，高度以到起拱线为宜，这样导坑可分二次开挖和支护，不需要架设工作平台，人工架立钢支撑也较方便。

（4）导坑与台阶的距离没有硬性规定，但一般应以导坑施工和台阶施工不发生干扰为原则。上、下台阶的距离则视围岩情况参照短台阶法或超短台阶法拟定。

（五）双侧壁导坑法

（1）双侧壁导坑法又称眼镜工法。当隧道跨度很大，地表沉陷要求严格，围岩条件特别差，单侧壁导坑法难以控制围岩变形时，可采用双侧壁导坑法。

（2）双侧壁导坑法一般是将断面分成四块：左、右侧壁导坑、上部核心土、下台阶（分别见表1K413041中对应工法示意图的2、3）。导坑尺寸拟定的原则同前，但宽度不宜超过断面最大跨度的1/3。左、右侧导坑错开的距离，应根据开挖一侧导坑所引起的围岩应力重分布的影响不致波及另一侧已成导坑的原则确定。

（3）施工顺序：开挖一侧导坑，并及时地将其初期支护闭合。相隔适当距离后开挖另一侧导坑，并建造初期支护。开挖上部核心土，建造拱部初期支护，拱脚支承在两侧壁导坑的初期支护上。开挖下台阶，建造底部的初期支护，使初期支护全断面闭合。拆除导坑临空部分的初期支护。施作内层衬砌。

（4）优缺点：

1）双侧壁导坑法虽然开挖断面分块多，扰动大，初期支护全断面闭合的时间长，但每个分块都是在开挖后立即各自闭合的，所以在施工期间变形几乎不发展。

2）双侧壁导坑法施工较为安全，但速度较慢，成本较高。

（六）中隔壁法和交叉中隔壁法

（1）中隔壁法也称 CD 工法（Center Diaphragm），主要适用于地层较差、岩体不稳定且地面沉降要求严格的地下工程施工。

（2）交叉中隔壁法即 CRD 工法（Cross Diaphragm）是在 CD 工法基础上加设临时仰拱以满足要求。

（3）CD 工法和 CRD 工法在大跨度隧道中应用普遍，在施工中应严格遵守正台阶法的施工要点，尤其要考虑时空效应，每一步开挖必须快速，必须及时步步成环，工作面留核心土或用喷射混凝土封闭，消除由于工作面应力松弛而增大沉降值的现象。

（七）中洞法、侧洞法、柱洞法、洞桩法

当地层条件差、断面特大时，一般设计成多跨结构，跨与跨之间有梁、柱连接，一般采用中洞法、侧洞法、柱洞法及洞桩法等施工，其核心思想是变大断面为中小断面，提高施工安全度。

（1）中洞法施工就是先开挖中间部分（中洞），在中洞内施作梁、柱结构，然后再开挖两侧部分（侧洞），并逐渐将侧洞顶部荷载通过中洞初期支护转移到梁、柱结构上。由于中洞的跨度较大，施工中一般采用 CD、CRD 或双侧壁导坑法进行施工。中洞法施工工序复杂，但两侧洞对称施工，比较容易解决侧压力从中洞初期支护转移到梁柱上时的不平衡侧压力问题，施工引起的地面沉降较易控制。中洞法的特点是初期支护自上而下，每一步封闭成环，环环相扣，二次衬砌自下而上施工，施工质量容易得到保证。

（2）侧洞法施工就是先开挖两侧部分（侧洞），在侧洞内做梁、柱结构，然后再开挖中间部分（中洞），并逐渐将中洞顶部荷载通过初期支护转移到梁、柱上，这种施工方法在处理中洞顶部荷载转移时，相对于中洞法要困难一些。两侧洞施工时，中洞上方土体经受多次扰动，形成危及中洞的上小下大的梯形、三角形或楔形土体，该土体直接压在中洞上，中洞施工若不够谨慎就可能发生坍塌。

（3）柱洞法施工是先在立柱位置施作一个小导洞，当小导洞做好后，再在洞内做底梁，形成一个细而高的纵向结构，柱洞法施工的关键是如何确保两侧开挖后初期支护同步作用在顶纵梁上，而且柱子左右水平力要同时加上且保持相等。

（4）洞桩法就是先挖洞，在洞内制作挖孔桩，梁柱完成后，再施作顶部结构，然后在其保护下施工，实际上就是将盖挖法施工的挖孔桩梁柱等转入地下进行。

二、掘进方式与选择条件

（1）虽然掘进方式不同，但各种具体施工方法都有其优点和缺点（施工注意事项），故选择前必须经过现场条件调研分析，在技术经济综合比较基础上选择较适宜的施工方法。

（2）上述不同掘进（开挖）方式与选择考虑主要条件如表 1K413041 所示，以供工程实践中参考。

三、掘进（开挖）方式及其选择条件

见表 1K413041：

喷锚暗挖（矿山）法开挖方式与选择条件 表 1K413041

施工方法	示意图	选择条件比较					
		结构与适用地层	沉降	工期	防水	初期支护拆除量	造价
全断面法		地层好，跨度≤ 8m	一般	最短	好	无	低
正台阶法	1 2	地层较差，跨度≤ 10m	一般	短	好	无	低
环形开挖预留核心土法	1 2 4 3 5	地层差，跨度≤ 12m	一般	短	好	无	低
单侧壁导坑法	2 1 3	地层差，跨度≤ 14m	较大	较短	好	小	低
双侧壁导坑法	2 1 1 3	小跨度，连续使用可扩大跨度	较大	长	效果差	大	高
中隔壁法（CD 工法）	1 3 2 4	地层差，跨度≤ 18m	较大	较短	好	小	偏高
交叉中隔壁法（CRD 工法）	1 2 3 4 5 6	地层差，跨度≤ 20m	较小	长	好	大	高
中洞法	2 1 2	小跨度，连续使用可扩成大跨度	小	长	效果差	大	较高
侧洞法	1 3 2	小跨度，连续使用可扩成大跨度	大	长	效果差	大	高
柱洞法		多层多跨	大	长	效果差	大	高

续表

施工方法	示意图	选择条件比较					
		结构与适用地层	沉降	工期	防水	初期支护拆除量	造价
洞桩法		多层多跨	较大	长	效果差	较大	高

【案例1K413041】

1. 背景

某地铁区间暗挖隧道工程，长1.2km，断面尺寸为6.4m×6.3m，覆土厚度12m。隧道上方为现况道路，隧道拱顶与路面之间分布有雨水、污水管线，走向与隧道平行。隧道穿越砂质粉土层，无地下水。隧道开挖方式选择为正台阶法开挖，辅以小导管注浆加固。隧道设计为复合式衬砌，施工方案中确定：防水质量以保证防水层施工质量为根本，与结构自防水组成防水体系。

施工过程中发生了土方坍塌，造成两人重伤。事故发生后，项目经理立即组织人员清理现场并将受重伤人员送医院进行抢救。项目经理组织成立了事故调查组，经调查发现：初期支护格栅间距0.75m，小导管长度为1.5m，纵向搭接0.5m，未设置监控量测点，开挖过程中污水管线变形过大发生渗漏水，最终形成塌方事故。

2. 问题

（1）喷锚暗挖开挖方式除了正台阶法外，还有其他什么方式？

（2）施工方案确定防水质量以保证防水层施工质量为根本是否正确？如不正确，应采取什么方案？

（3）分析事后调查结果发现小导管长度为1.5m，纵向搭接0.5m，存在什么问题？

（4）说明此次事故的等级；项目经理的做法是否正确？如不正确应该怎么做？

（5）本次事故的发生和没有进行施工过程监测有很大关系，请问本工程应该对哪些主要项目进行监测？

3. 参考答案

（1）还有全断面法、环形开挖预留核心土法、单侧壁导坑法、双侧壁导坑法、中隔壁法（CD工法）、交叉中隔壁法（CRD工法）、中洞法、侧洞法、柱洞法、洞桩法。

（2）不正确。喷锚暗挖法施工隧道的复合式衬砌，应以结构自防水为根本，辅以防水层组成防水体系，以变形缝、施工缝、后浇带、穿墙洞、预埋件、桩头等接缝部位混凝土及防水层施工为防水控制的重点。

（3）小导管常用设计参数：钢管直径40～50mm，长度应大于循环进尺的2倍，宜为3～5m，焊接钢管或无缝钢管；钢管安设注浆孔间距为100～150mm，钢管沿拱的环向布置间距为300～500mm，钢管沿拱的环向外插角为5°～15°，小导管是受力杆件，因此两排小导管在纵向应有一定搭接长度，钢管沿隧道纵向的搭接长度一般不小于1m。

本工程项目小导管的长度和纵向搭接长度均不满足要求。

（4）本次事故造成两人重伤，属于一般事故。一般事故是指造成3人以下死亡，或10人以下重伤，或者1000万元以下直接经济损失的事故。

项目经理的做法不正确。事故发生后，事故现场有关人员应当立即向本单位负责人报告；单位负责人接到报告后，应当于1h内向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。情况紧急时，事故现场有关人员可以直接向事故发生地县级以上人民政府安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门报告。

项目经理无权组织调查，更不能清理现场。事故发生地有关地方人民政府、安全生产监督管理部门和负有安全生产监督管理职责的有关部门接到事故报告后，其负责人应当立即赶赴事故现场，组织事故救援。有关单位和人员应当妥善保护事故现场以及相关证据，任何单位和个人不得破坏事故现场、毁灭相关证据。

（5）本工程主要监测项目有：地表沉降、拱顶下沉、洞周收敛、周边管线及建（构）筑物、初支结构内力、土压力、土体分层位移。

1K413042 工作井施工技术

锚喷暗挖（矿山）法工作井是为隧道施工而设置的竖向通道，一般采用倒挂井壁法施工。本条简要介绍工作井施工技术（以下简称竖井）和马头门施工技术。

一、工作井施工技术

（一）施工准备

（1）竖井施工前，应对竖井及隧道范围内的地下管线、建（构）筑物进行调查，并应会同产权单位确定保护方案；施工中，应加强对重要管线、建（构）筑物等的保护和监测。

（2）竖井施工范围内应人工开挖十字探沟，确定无管线后再开挖。

（3）竖井井口防护应符合下列规定：

1）竖井应设置防雨棚、挡水墙。

2）竖井应设置安全护栏，护栏高度不应小于1.2m。

3）竖井周边应架设安全警示装置。

（二）锁口圈梁

（1）竖井应按设计施作锁口圈梁，圈梁埋深较大时，上部应设置挡土墙、土钉墙或“格栅钢架＋喷射混凝土”等临时围护结构。

（2）锁口圈梁处土方不得超挖，并应做好边坡支护。

（3）圈梁混凝土强度应达到设计强度的70%及以上时，方可向下开挖竖井。

（4）锁口圈梁与格栅应按设计要求进行连接，井壁不得出现脱落。

（三）提升系统

（1）竖井应设置一套起重吊装设备作为提升系统，起重吊装设备应由有资质的单位安装、拆除；安装完成后，应进行安全检验，合格后方可使用。

（2）竖井提升系统制作、安装应符合现行国家或行业标准的有关规定。

（四）竖井开挖与支护

（1）开挖前，应根据地质条件及地下水状态，按设计要求或专项施工方案采取地下水

控制及地层预加固的措施。

（2）井口地面荷载不得超过设计规定值；井口应设置挡水墙，四周地面应硬化处理，并应做好排水措施。

（3）应对称、分层、分块开挖，每层开挖高度不得大于设计规定，随挖随支护；每一分层的开挖，宜遵循先开挖周边、后开挖中部的顺序。

（4）初期支护应尽快封闭成环，按设计要求做好格栅钢架的竖向连接及采取防止井壁下沉的措施。

（5）喷射混凝土的强度和厚度等应符合设计要求。喷射混凝土应密实、平整，不得出现裂缝、脱落、漏喷、露筋、空鼓和渗漏水等现象。

（6）施工平面尺寸和深度较大的竖井时，应根据设计要求及时安装临时支撑。

（7）严格控制竖井开挖断面尺寸和高程，不得欠挖，竖井开挖到底后应及时封底。

（8）竖井开挖过程中应加强观察和监测。当发现地层渗水，井壁土体松散、裂缝或支撑出现较大变形等现象时，应立即停止施工，采取措施加固处理后方可继续施工。

二、马头门施工技术

（1）竖井初期支护施工至马头门处应预埋暗梁及暗桩，并应沿马头门拱部外轮廓线打入超前小导管，注浆加固地层。

（2）破除马头门前，应做好马头门区域的竖井或隧道的支撑体系的受力转换。

（3）马头门开挖施工应严格按照设计要求，并应采取加强措施。

（4）马头门的开挖应分段破除竖井井壁，宜按照先拱部、再侧墙、最后底板的顺序破除。隧道掘进方式为环形开挖预留核心土法时，马头门施工步序如下：

1）开挖上台阶土方时应保留核心土。

2）安装上部钢格栅，连接纵向钢筋，挂钢筋网，喷射混凝土。

3）上台阶掌子面进尺 3～5m 时开挖下台阶，破除下台阶隧道洞口竖井井壁。

4）开挖下台阶土方。

5）安装下部钢格栅，连续纵向钢筋，挂初支钢筋网，喷射墙体及仰拱混凝土。

（5）马头门处隧道应密排三榀格栅钢架；隧道格栅主筋应与格栅主筋、连接筋焊接牢固；隧道纵向连接筋应与竖井主筋焊接牢固。

（6）马头门开启应按顺序进行，同一竖井内的马头门不得同时施工。一侧隧道掘进15m 后，方可开启另一侧马头门。马头门标高不一致时，宜遵循“先低后高”的原则。

（7）施工中严格贯彻“管超前、严注浆、短开挖、强支护、勤量测、早封闭”的十八字方针。

（8）开挖过程中必须加强监测，一旦土体出现坍塌征兆或支护结构出现较大变形时，应立即停止作业，经处理后方可继续施工。

（9）停止开挖时，应及时喷射混凝土封闭掌子面；因特殊原因停止作业时间较长时，应对掌子面采取加强封闭措施。

1K413043 超前预支护及预加固施工技术

在浅埋软岩地段、自稳性差的软弱破碎围岩、断层破碎带、砂土层等不良地质条件下施工时，若围岩自稳时间短、不能保证安全地完成初期支护，为确保施工安全，加快

施工进度，应采用超前预支护及预加固技术进行预加固处理，使开挖作业面围岩保持稳定。

根据地质条件、地下水状况、施工方法以及环境条件等因素，地层超前预支护及预加固可采取下列措施：

（1）超前小导管注浆加固。

（2）深孔注浆。

（3）管棚支护。

一、超前小导管注浆加固

（一）适用条件

（1）超前小导管注浆加固技术可作为暗挖隧道常用的超前预支护措施，能配套使用多种注浆材料，施工速度快，施工机具简单，工序交换容易。

（2）在软弱、破碎地层中成孔困难或易塌孔，且施作超前锚杆比较困难或者结构断面较大时，宜采取超前小导管注浆加固处理方法。

（二）技术要点

（1）超前小导管应沿隧道拱部轮廓线外侧设置，根据地层条件可采用单层、双层超前小导管；其环向布设范围及环向间距由设计单位根据地层特性确定；安装小导管的孔位、孔深、孔径应符合设计要求。

（2）超前小导管应选用直径为 40～50mm 的钢管或水煤气管，长度应大于循环进尺的2倍，宜为 3～5m，具体长度、直径应根据设计要求确定。

（3）超前小导管应从钢格栅的腹部穿过，后端应支承在已架设好的钢格栅上，并焊接牢固，前端嵌固在地层中。前后两排小导管的水平支撑搭接长度不应小于 1m。

（4）超前小导管的成孔工艺应根据地层条件进行选择，应尽可能减少对地层的扰动。

（5）小导管其端头应封闭并制成锥状，尾端设钢筋加强箍，管身梅花形布设 ϕ6～ϕ8mm 的溢浆孔。

（6）超前小导管加固地层时，其注浆浆液应根据地质条件、并经现场试验确定；并应根据浆液类型，确定合理的注浆压力和选择合适的注浆设备。注浆材料可采用普通水泥单液浆、改性水玻璃浆、水泥 - 水玻璃双液浆、超细水泥等注浆材料。

（7）浆液的原材料应符合下列要求：

1）水泥：强度等级 P·O42.5 级及以上的硅酸盐水泥。

2）水玻璃：浓度 40～45° Bé。

3）外加剂：视不同地层和注浆工艺进行选择。

（8）注浆施工应符合下列要求：

1）注浆工艺应简单、方便、安全，应根据土质条件选择注浆工艺（法）。在砂卵石地层中宜采用渗入注浆法；在砂层中宜采用挤压、渗透注浆法；在黏土层中宜采用劈裂或电动硅化注浆法。

2）注浆顺序：应由下而上、间隔对称进行；相邻孔位应错开、交叉进行。

3）渗透法注浆压力：注入压力应保持在 0.1～0.4MPa，注浆终压应由地层条件和周边环境控制要求确定，一般宜不大于 0.5MPa。每孔稳压时间不小于 2min。劈裂法注浆压力应大于 0.8MPa。

4）注浆速度应不大于30L/min。

5）注浆施工期应进行监测，监测项目通常有地（路）面隆起、地下水污染等，特别要采取必要措施防止注浆浆液溢出地面或超出注浆范围。

【案例1K413043】

1. 背景

某供热管线暗挖隧道，长3.2km，断面尺寸为3.2m×2.8m，埋深3.5m。隧道穿越砂土层和砂砾层，除局部有浅层滞水外，无须降水。承包方A公司通过招标将穿越砂砾层段468m隧道开挖及支护分包给B专业公司。B公司依据A公司的施工组织设计，进场后由工长向现场作业人员交代了施工做法后开始施工。

施工中B公司在距工作井48m处，发现开挖面砂砾层有渗水且土质松散，有塌方隐患。B公司立即向A公司汇报。经有关人员研究，决定采用小导管超前加固措施。B公司采用劈裂注浆法，根据以往经验确定注浆量和注浆压力，注浆过程中地面监测发现地表有隆起现象。随后A公司派有经验的专业人员协助B公司研究解决。

质量监督部门在工程施工前的例行检查时，发现A公司项目部工程资料中初期支护资料不全，部分资料保留在B公司人员手中。

2. 问题

（1）暗挖隧道开挖前的技术交底是否妥当？如有不妥，写出正确做法。

（2）B公司采用劈裂注浆法是否正确？如不正确，应采取什么方法？哪些浆液可供选用？

（3）分析注浆过程中地表隆起的主要原因，给出防止地表隆起的正确做法。

（4）说明A、B公司在工程资料管理方面应改进之处。

3. 参考答案

（1）不妥当。

正确做法：单位工程、分部工程和分项工程开工前，工程施工项目部技术负责人应对承担施工的负责人或分包方全体人员进行书面技术交底。技术交底资料应办理签字手续并归档。

（2）不正确。

注浆施工应根据土质条件选择注浆法，在砂砾石地层中宜采用渗入注浆法，不宜采用劈裂注浆法；注浆浆液可选用水泥浆或水泥砂浆。

（3）由背景材料可见：注浆过程中地表隆起的主要原因是注浆量和注浆压力控制不当。

正确做法：通过试验确定注浆量和注浆压力。

（4）A公司作为总承包单位负责汇集有关施工技术资料，并应随施工进度及时整理；B公司应主动向总承包单位移交有关施工技术资料。

二、深孔注浆加固技术

（1）深孔注浆前，应依据设计文件，并综合考虑地下水状态、地层条件和浆液类型等，在施工设计中确定其注浆范围。

（2）注浆孔的孔位、角度、深度的偏差应符合相关规范的要求。

（3）注浆段长度应综合考虑地层条件、地下水状态和钻孔设备的工作能力予以确定，宜为10～15m，并应预留一定的止浆墙厚度。

（4）浆液的材料和类型应综合考虑土质条件、注浆要求、地下水状况、周围环境条件及效果要求等因素；且应经现场试验确定。可参考表1K413043进行选择。

常用的注浆材料、浆液类型及其基本性能指标　　表1K413043

浆液名称	注入砂的最小粒径（mm）	注入地层的最小渗透系数（cm/s）	结石体渗透系数（cm/s）	凝胶时间	抗压强度（MPa）	注入方式
普通水泥浆	1	5×10^{-2}	$10^{-1}\sim10^{-3}$	6～15h	10～25	单液
水泥-水玻璃	1	3×10^{-3}	$10^{-2}\sim10^{-3}$	几十秒至几分钟	5～20	双液
超细水泥浆	0.1～0.2	$10^{-3}\sim10^{-4}$	$10^{-4}\sim10^{-5}$	20s～几分钟	15～50	单液
改性水玻璃浆	0.1	$10^{-3}\sim10^{-4}$	$10^{-4}\sim10^{-6}$	瞬间～几十分钟	＜3	单液 双液

（5）隧道内注浆孔应按设计要求采取全断面、半断面等方式布设，并应满足加固范围的要求；浆液扩散半径应根据注浆材料、方法及地层条件，经现场注浆试验确定。

（6）根据地层条件和加固要求，深孔注浆可采取前进式分段注浆、后退式分段注浆等方法。

（7）钻孔应按先外圈、后内圈、跳孔施工的顺序进行。钻孔时，应按规范要求作好施工记录，包括孔号、进尺、时间、地层、涌水位置、涌水量和涌水压力等内容，并应根据现场条件及时调整施工工艺参数。

（8）施工中应严格控制注浆质量，避免出现注浆盲区。注浆未达到设计要求的区域，应采用钢花管进行补注浆，以确保注浆效果。注浆工艺控制应符合下列要求：

1）注浆压力一般宜为0.5～1.5MPa，并应根据地层条件和隧道埋深选择注浆终压大小。管线附近施工时应根据相关单位要求适当降低注浆压力，调整钻孔角度和间距。

2）单孔结束标准：

① 注浆压力逐步升高至设计终压，并继续注浆10min以上。

② 注浆结束时的进浆量小于20L/min。

③ 检查孔钻取岩芯，浆液充填饱满。

3）全段结束标准：

① 注浆孔均符合单孔结束条件，无漏浆现象。

② 浆液有效注入范围大于设计值。

（9）注浆结束后，施工单位应进行注浆效果检查，经检查确认注浆效果符合要求后方可开挖。

三、管棚支护

（一）结构组成与适用条件

1. 结构组成

（1）管棚法是一种临时支护方法，与超前小导管注浆法相对应，通常又称为大管棚超前预支护法。

（2）管棚是由钢管和钢格栅拱架组成。钢管入土端制作成尖靴状或楔形，沿着开挖轮廓线，以较小的外插角，向掌子面前方敷设钢管或钢插板，末端支架在钢拱架上，形成对开挖面前方围岩的预支护。

（3）管棚中的钢管应按照设计要求进行加工和开孔，管内应灌注水泥浆或水泥砂浆，以便提高钢管自身刚度和强度。

2．适用条件

（1）适用于软弱地层和特殊困难地段，如极破碎岩体、塌方体、砂土质地层、强膨胀性地层、强流变性地层、裂隙发育岩体、断层破碎带、浅埋大偏压等围岩，并对地层变形有严格要求的工程。

（2）通常，在下列施工场合应考虑采用管棚进行超前支护：

1）穿越铁路修建地下工程。

2）穿越地下和地面结构物修建地下工程。

3）修建大断面地下工程。

4）隧道洞口段施工。

5）通过断层破碎带等特殊地层。

6）特殊地段，如大跨度地铁车站、重要文物保护区、河底、海底的地下工程施工等。

（二）技术要点

（1）施工工艺流程：

测放孔位→钻机就位→水平钻孔→压入钢管→注浆（向钢管内和管周围土体）→封口。

（2）管棚应根据地层情况、施工条件和环境要求选用，并应符合以下要求：

1）宜选用加厚的 ϕ80～ϕ180mm 焊接钢管或无缝钢管制作。一般采用 ϕ108mm×8mm 钢管，相应的孔口管采用 ϕ127mm×8mm 钢管。

2）钢管间距应根据支护要求［如：防坍塌、控制建（构）筑物变形等］予以确定，宜为 300～500mm。

3）双向相邻管棚的搭接长度不小于 3m。

4）为增加管棚刚度，应根据需要在钢管内灌注水泥砂浆、混凝土或放置钢筋笼并灌注水泥砂浆。

5）钢管宜沿隧道开挖轮廓线纵向近水平方向或按纵坡要求设置。

6）长管棚宜在竖井内实施。必须在隧道内施作时，应预先设置加高段来满足钻机操作空间要求，对掌子面应采用喷射混凝土墙进行封闭处理。

（3）钢格栅拱架应根据现场条件单独设计制作，以满足管棚施工和受力要求。

（4）钻孔顺序应由高孔位向低孔位进行。钻孔直径应比设计管棚直径大 30～40mm。钻杆方向和角度应符合设计要求。钻孔过程中应注意钻杆角度的变化，并保证钻机不移位。

（5）管棚在顶进过程中，应用测斜仪控制上仰角度。顶进完毕后应对每根管进行清孔处理。

（6）钢管在安装前应逐孔逐根进行编号，按编号顺序接管推进、不得混接。管棚接头应相互错开。

（7）管棚就位后，应按要求进行注浆；钢管内部宜填充水泥砂浆，以增加钢管强度和刚度。注浆应采用分段注浆方法，浆液能充分填充至围岩内。注浆压力达到设定压力，并

稳压 5min 以上，注浆量达到设计注浆量的 80% 时，方可停止注浆。

1K413044 喷锚支护施工技术

喷锚暗挖施工地下结构需采用喷锚初期支护，主要包括钢筋网喷射混凝土、锚杆－钢筋网喷射混凝土、钢拱架－钢筋网喷射混凝土等支护结构形式，可根据围岩的稳定状况，采用一种或几种结构组合。

（一）主要材料

（1）喷射混凝土应采用早强混凝土，其强度必须符合设计要求。混凝土配合比应根据试验确定。严禁选用具有碱活性的骨料。可根据工程需要掺用外加剂，速凝剂应根据水泥品种、水胶比等，通过不同掺量的混凝土试验选择最佳掺量，使用前应做凝结时间试验，要求初凝时间不应大于 5min，终凝时间不应大于 10min。

（2）钢筋网材料宜采用 Q235 钢，钢筋直径宜为 6～12mm，网格尺寸宜采用 150～300mm，搭接长度应符合规范。钢筋网应与锚杆或其他固定装置连接牢固。

（3）钢拱架宜选用钢筋、型钢、钢轨等制成，采用钢筋加工而成格栅拱架的主筋直径不宜小于 18mm。

（二）格栅加工及安装

（1）格栅拱架和钢筋网片均应在模具内焊接成型。

（2）格栅拱架、钢筋网片加工制作应符合下列要求：

1）按照图纸组装焊接格栅拱架各部件，“8”字筋布置应均匀、对称，方向相互错开，“8”字筋间距不得大于 50mm。节点板用连接螺栓紧固。

2）格栅钢架在模具内初步点焊固定，从模具内对称、均匀取出，按设计要求将格栅钢架冷弯、焊接成型。

3）格栅拱架组装焊接应从两端均匀对称地进行，以减少应力变形。

4）格栅拱架主筋和“8”字筋之间、主筋与连接板之间应双面焊连接，焊缝应平顺、饱满、连续，无咬蚀、气孔、夹渣现象；焊接成品的焊缝药皮应清理干净。

5）钢架主筋应相互平行，偏差应不大于 5mm。连接板应与主筋垂直，偏差不得大于 3mm。

6）钢筋网片应严格按设计图纸尺寸加工，每点均为四点焊接。

（3）首榀格栅拱架应进行试拼装，并应经建设单位、监理单位、设计单位共同验收合格后方可批量加工。格栅拱架拼装尺寸允许偏差应为 0～+30mm，平面翘曲应不大于 20mm。

（4）格栅拱架、钢筋网片应分类存放、标识，并应采取防锈蚀措施；运输和存放过程中应采取防变形措施。

（5）格栅拱架安装应符合下列要求：

1）格栅拱架安装应符合设计要求，严格控制间距。

2）格栅拱架安装定位后，应紧固外、内侧螺栓。

3）格栅拱架节点应采用螺栓紧固；钢筋帮焊应与主筋同材质。

（6）钢筋网片应沿格栅拱架内、外侧主筋和纵向连接筋铺设，钢筋网片纵向和环向搭接长度应不小于 1 个网孔，网片之间、网片与格栅钢架、纵向连接筋应绑扎牢固或点焊连

接牢固。

（7）纵向连接筋直径、间距以及连接应符合设计要求。连接筋应与格栅主筋点焊牢固；沿环向连接筋应在主筋内、外侧交错布置。

（8）连接筋长度应为格栅拱架间距＋搭接长度；采用双面搭接焊时，搭接长度为5*d*；单面焊的搭接长度为10*d*。焊接质量应符合设计与《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18—2012的相关要求。

（9）格栅拱架安装时，其拱脚处不得坐在虚土上，连接板下宜加垫板以减小拱架下沉量；相邻格栅纵向连接应牢固。

（10）在自稳能力较差的土层中安装格栅拱架时，应按设计要求在拱脚处打设锁脚锚管，以防止拱架下沉。

（11）折点处的格栅拱架安装时，应预先进行排列计算并画出格栅排列图，以确保转弯半径要求。

（12）双层隧道格栅拱架的安装应配合中隔板、临时支撑施工，并应保证受力体系转换安全可靠。

（13）格栅架立及安装应符合下列要求：

1）格栅架立纵向允许偏差应为±50mm，横向允许偏差应为±30mm，高程允许偏差应为±30mm。

2）格栅安装时，节点板栓接就位后应帮焊与主筋同直径的钢筋。单面焊长度不小于10*d*。

（三）喷射混凝土

（1）喷射混凝土时，应确保喷射机供料连续均匀。作业开始时，应先送风送水，后开机，再给料；结束时，应待料喷完后再关机停风。喷射机作业时，喷头处的风压不得小于0.1MPa。喷射作业完毕或因故中断喷射时，应先停风停水，然后将喷射机和输料管内的积料清除干净。

（2）混凝土喷射前应检查喷射机喷头的状况，使其保持良好的工作性能。喷射时，应用高压风清理受喷面、施工缝，剔除疏松部分；喷头与受喷面应垂直，距离宜为0.6～1.0m。

（3）喷射混凝土应分段、分片、分层自下而上依次进行。分层喷射时，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行。素喷混凝土一次喷射厚度参见表1K413044。

素喷混凝土一次喷射厚度（mm）　　表1K413044

喷射方法	部位	掺速凝剂	不掺速凝剂
干拌法	边墙	70～100	50～70
	拱部	50～60	30～40
湿拌法	边墙	80～150	—
	拱部	60～100	—

（4）喷射混凝土时，应先喷格栅拱架与围岩间的混凝土，之后喷射拱架间的混凝土。格栅拱架连接板、墙角等钢筋密集处应适当调整喷射角度，保证混凝土密实。

（5）喷射混凝土应控制水胶比中的水灰比，避免喷射后发生流淌、滑坠现象，并应采

取措施减少喷射混凝土材料的回弹损失。严禁使用回弹料。

（6）在遇水的地段进行喷射混凝土作业时，应先对渗漏水处理后再喷射，并应从远离漏渗水处开始，逐渐向渗漏处逼近。

（7）在砂层地段进行喷射作业时，应首先紧贴砂层表面铺挂钢筋网，并用钢筋沿环向压紧后再喷射。喷射时，宜先喷一层加大速凝剂掺量的水泥砂浆，并适当减小喷射机的工作风压，待水泥砂浆形成薄壳后方可正式喷射。

（8）格栅拱架、钢筋网片的喷射混凝土保护层厚度应符合设计要求。

（9）喷射混凝土的养护应在终凝 2h 后进行，养护时间应不小于 14d；当环境潮湿有水时，可根据情况调整养护时间。

（四）超前小导管注浆技术

详见本书 1K413043 条。

（五）锁脚锚杆注浆加固

（1）隧道拱脚应采用斜向下 20°～30° 打入的锁脚锚杆（管）锁定。

（2）锁脚锚杆（管）应与格栅焊接牢固，打入后应及时注浆。

（六）初期支护背后注浆

（1）隧道初期支护封闭后，应及时进行初支背后回填注浆。注浆作业点与掘进工作面宜保持在 5～10m 的距离。

（2）背后回填注浆管在格栅拱架安装时宜埋设于隧道拱顶、两侧起拱线以上的位置，必要时侧墙亦可布设，间距应符合设计要求。注浆管应与格栅拱架主筋焊接或绑扎牢固，管端外露不应小于 100mm。

（3）背后回填注浆应合理控制注浆量和注浆压力。当注浆压力和注浆量出现异常时，应分析原因，调整注浆参数。

（4）根据地层变形的控制要求，可在初期支护背后多次进行回填注浆。注浆结束后，宜经雷达等检测手段检测合格，并应填写和保存注浆记录。

【案例1K413044】

1. 背景

某公司施工项目部承建城市地铁 3 号标段，包含一段双线区间和一个车站，区间隧道及风道出入口采用暗挖法施工，车站的主体结构采用明挖法施工。区间隧道上方为现况道路，路宽 22.5m，道路沿线的地下埋设有雨污水、天然气、电信、热力等管线，另外还有一座公共厕所。隧道埋深 15m 左右，并有 100m 左右长度内遇有中风化石灰岩。岩层以上分别为黏土 2m，砂卵石 5～7m，粉细砂 2m，粉质黏土 3m，回填土 2～2.5m。施工日志记录如下事件：

事件一：设计文件提供的相关地下管线及其他构筑物的资料表明：隧道距所有地下管线的垂直净距都在 3.5m 以上；经过分析，项目部认为地下管线对暗挖隧道施工的影响不大，但在挖到地面的公共厕所位置时隧道发生塌方。

事件二：隧道基底施工遇有风化岩段，项目部拟采用松动爆破法移除岩石；施工前编制了松动爆破施工专项方案，但在专家评审时被否定，最后采取了机械凿除法施工。

事件三：由于隧道喷射混凝土施工采用干喷方式，没有采用投标施工方案中的湿法喷射混凝土方式，被质量监督部门要求暂停喷射混凝土施工。

事件四：在隧道完成后发现实际长度比工程量清单中长度少 1.5m。项目部仍按清单长度计量。当被监理发现后要求项目部扣除 1.5m 的长度。

2. 问题

（1）事件一中最可能引起塌方的原因是什么？

（2）事件二中专家为什么否定爆破法专项方案？

（3）质量监督部门为什么要求暂停喷射混凝土施工？

（4）事件四，监理要求项目部扣除 1.5m 的隧道长度的做法是否正确，为什么？

3. 参考答案

（1）从背景分析，引起塌方的可能原因是公共厕所的化粪池渗漏。较旧的污水混凝土管线、方沟、化粪池等渗漏情况比较多，致使隧道顶部土体含水量增大引起塌方，所以要特别引起注意。一般情况地下、地上建筑物比较复杂，参考设计资料是一方面，更重要的是核对资料，现场实地调查。正确的方法是：在开工前，首先核对地质资料，现场调查沿线地下管线、各构筑物及地面建筑物基础等情况，并制定保护措施。

（2）因为背景介绍隧道位于城市现况道路下，上方有多种管线，采用松动爆破法移除风化岩石应充分考虑爆破风险及其后果的影响；采取机械凿除施工风险较低，且容易控制。项目部原拟施工专项方案选择不当，被专家否定是必然的。

（3）因为采用干法射喷混凝土，方法简单易行，但是工作空间粉尘危害较大。湿法喷射混凝土，需要较严格的施工配合，费用较高，但是可有效减少粉尘污染，符合施工现场预防职业病消除粉尘危害的要求。

质量监督部门要求暂停喷射混凝土施工应主要出于以下考虑：

一是承包方应按投标文件中的施工方案施工，如果需改变施工方案应按有关规定，办理变更手续。

二是采用干法射喷混凝土现场施工粉尘较严重，通风换气装置、除尘设备不符合职业卫生要求或有关规定。

（4）监理要求是正确的。因为根据有关规定：当清单与实际发生的数量不符时，应以实际数量为准，清单中的单价不变。因此计算工程量应按隧道实际长度，扣除 1.5m。

1K413045 衬砌及防水施工要求

喷锚暗挖（矿山）法施工隧道通常要求工程完工后做到不渗水、不漏水，以保证隧道结构使用功能和运行安全。本条简要介绍防水结构施工要点。

一、防水结构施工原则

（一）相关规范规定

（1）《地下工程防水技术规范》GB 50108—2008 规定：地下工程防水的设计和施工应遵循“防、排、截、堵相结合，刚柔相济，因地制宜，综合治理”的原则。

（2）《地铁设计规范》GB 50157—2013 规定：地下铁道隧道工程的防水设计，应根据

工程地质、水文地质、地震烈度、结构特点、施工方法和使用要求等因素进行，并应遵循"以防为主，刚柔结合，多道防线，因地制宜，综合治理"的原则，采取与其相适应的防水措施。

（二）复合式衬砌与防水体系

（1）喷锚暗挖（矿山）法施工隧道通常采用复合式衬砌设计，衬砌结构是由初期（一次）支护、防水层和二次衬砌所组成。

（2）喷锚暗挖（矿山）法施工隧道的复合式衬砌，以结构自防水为根本，辅加防水层组成防水体系，以变形缝、施工缝、后浇带、穿墙洞、预埋件、桩头等接缝部位混凝土及防水层施工为防水控制的重点。

二、施工方案选择

（1）施工期间的防水措施主要是排和堵两类。施工前，根据资料预计可能出现的地下水情况，估计水量，选择防水方案。施工中要做好出水部位、水量等记录，按设计要求施作排水系统，确保防水效果。当结构处于贫水稳定地层，同时位于地下潜水位以上时，在确保安全的条件下，可考虑限排方案。

（2）在衬砌背后设置排水盲管（沟）或暗沟和在隧底设置中心排水盲沟时，应根据隧道的渗漏水情况，配合衬砌一次施工。施工中应防止衬砌混凝土或压浆浆液侵入盲沟内堵塞水路，盲管（沟）或暗沟应有足够数量和过水能力的断面，组成完整有效的排水系统并应符合设计要求。

（3）衬砌背后可采用注浆或喷涂防水层等方法止水。施工前应根据工程地质和水文地质条件，通过试验进行设计，并在施工过程中修正各项参数。

三、复合式衬砌防水层施工

（1）复合式衬砌防水层施工应优先选用射钉铺设，结构组成如图 1K413045 所示。

（2）防水层施工时喷射混凝土表面应平顺，不得留有锚杆头或钢筋断头，表面漏水应及时引排，防水层接头应擦净。防水层可在拱部和边墙按环状铺设，开挖和衬砌作业不得损坏防水层，铺设防水层地段距开挖面不应小于爆破安全距离，防水层纵横向铺设长度应根据开挖方法和设计断面确定。

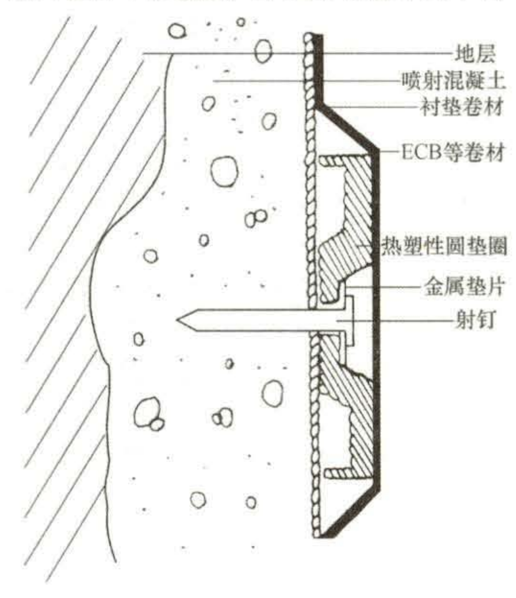


图 1K413045 复合式衬砌防水层结构示意图

（3）衬砌施工缝和沉降缝的止水带不得有割伤、破裂，固定应牢固，防止偏移，提高止水带部位混凝土浇筑的质量。

（4）二次衬砌混凝土施工：

1）二次衬砌采用补偿收缩混凝土，具有良好的抗裂性能，主体结构防水混凝土在工程结构中不但承担防水作用，还要和钢筋一起承担结构受力作用。

2）二次衬砌混凝土浇筑应采用组合钢模板和模板台车两种模板体系。对模板及支撑结构进行验算，以保证其具有足够的强度、刚度和稳定性，防止发生变形和下沉。模板接缝要

拼贴平密，避免漏浆。

3）混凝土浇筑采用泵送模筑，两侧边墙采用插入式振动器振捣，底部采用附着式振动器振捣。混凝土浇筑应连续进行，两侧对称，水平浇筑，不得出现水平和倾斜接缝；如混凝土浇筑因故中断，则必须采取措施对两次浇筑混凝土界面进行处理，以满足防水要求。

1K413046　喷锚暗挖法辅助工法施工技术要点

一、降低地下水位法

（1）当喷锚暗挖施工地下结构处于富水地层中，且地层的渗透性较好，应首选降低地下水位法达到稳定围岩、提高喷锚支护安全的目的。含水的松散破碎地层宜采用降低地下水位法，不宜采用集中宣泄排水的方法。

（2）在城市地下工程中采用降低地下水位法时，最重要的决策因素是确保降水引起的沉降不会对已存在构筑物或拟建构筑物的结构安全构成危害。

（3）降低地下水位通常采用地面降水方法或隧道内辅助降水方法。

（4）当采用降水方案不能满足要求时，应在开挖前进行帷幕预注浆，加固地层等堵水处理。根据水文、地质钻孔和调查资料，预计有大量涌水或涌水量虽不大，但开挖后可能引起大规模塌方时，应在开挖前进行注浆堵水，加固围岩。

二、地表锚杆（管）

（1）地表锚杆（管）是一种地表预加固地层的措施，适用于浅埋暗挖、进出工作井地段和岩体松软破碎地段。

（2）地面锚杆（管）按矩形或梅花形布置，先钻孔→吹净钻孔→用灌浆管灌浆→垂直插入锚杆杆体→孔口将杆体固定。地面锚杆（管）支护，是由普通水泥砂浆和全粘结型锚杆构成地表预加固地层或围岩深孔注浆加固地层。

（3）锚杆类型应根据地质条件、使用要求及锚固特性进行选择，可选用中空注浆锚杆、树脂锚杆、自钻式锚杆、砂浆锚杆和摩擦型锚杆。

三、冻结法固结地层

（1）冻结法是利用人工制冷技术，用于富水软弱地层的暗挖施工固结地层。通常，当土体的含水量大于2.5%、地下水含盐量不大于3%、地下水流速不大于40m/d时，均可适用常规冻结法；当土层含水量大于10%和地下水流速不大于7～9m/d时，冻土扩展速度和冻结体形成的效果最佳。

（2）在地下结构开挖断面周围需加固的含水软弱地层中钻孔敷管，安装冻结器，通过人工制冷作用将天然岩土变成冻土，形成完整性好、强度高、不透水的临时加固体，从而达到加固地层、隔绝地下水与拟建构筑物联系的目的。

（3）在冻结体的保护下进行工作井或隧道等地下工程的开挖施工，待衬砌支护完成后，冻结地层逐步解冻，最终恢复到原始状态。

（4）冻结法主要优缺点：

1）主要优点：冻结加固的地层强度高；地下水封闭效果好；地层整体固结性好；对工程环境污染小。

2）主要缺点：成本较高；有一定的技术难度。

1K414000　城市给水排水工程

1K414010　给水排水厂站工程结构与特点

1K414011　厂站工程结构与施工方法

一、给水排水场站工程结构特点

（一）场站构筑物组成

（1）水处理（含调蓄）构筑物是给水排水系统中对原水（污水）进行水质处理、污泥处理而设置的各种构筑物的总称。给水处理构筑物包括：调节池、调流阀井、格栅间及药剂间、集水池、取水泵房、混凝沉淀池、澄清池、配水井、混合井、预臭氧接触池、主臭氧接触池、滤池及反冲洗设备间、紫外消毒间、膜处理车间、清水池、调蓄清水池、配水泵站等。污水处理构筑物包括：污水进水闸井、进水泵房、格栅间、沉砂池、初次沉淀池、二次沉淀池、曝气池、配水井、调节池、生物反应池、氧化沟、消化池、计量槽、闸井等。

（2）工艺辅助构筑物，指主体构筑物的走道平台、梯道、设备基础、导流墙（槽）、支架、盖板、栏杆等的细部结构工程，各类工艺井（如吸水井、泄空井、浮渣井）、管廊桥架、闸槽、水槽（廊）、堰口、穿孔、孔口等。

（3）辅助建筑物，分为生产辅助性建筑物和生活辅助性建筑物。生产辅助性建筑物指各项机电设备的建筑厂房如鼓风机房、污泥脱水机房、发电机房、变配电设备房及化验室、控制室、仓库、料库、机修（电修）间等。生活辅助性建筑物包括综合办公楼、食堂、浴室、职工宿舍、车库等。

（4）配套工程，指为水处理厂生产及管理服务的配套工程；包括厂内道路、厂区给水排水、照明、绿化、门卫室及围墙等工程。

（5）工艺管线，指水处理构筑物之间、水处理构筑物与机房之间的各种连接管线；包括进水管、出水管、污水管、给水管、回用水管、污泥管、出水压力管、空气管、热力管、沼气管、投药管线等。

（二）构筑物结构形式与特点

（1）水处理（调蓄）构筑物和泵房多数采用地下或半地下钢筋混凝土结构，特点是构件断面较薄，属于薄板或薄壳型结构，配筋率较高，具有较高抗渗性和良好的整体性要求。少数构筑物采用土膜结构如稳定塘等，面积大且有一定深度，抗渗性要求较高。

（2）工艺辅助构筑物多数采用钢筋混凝土结构，特点是构件断面较薄，结构尺寸要求精确；少数采用钢结构预制，现场安装，如出水堰等。

（3）辅助性建筑物视具体需要采用钢筋混凝土结构或砖砌结构，符合房建工程结构要求。

（4）配套的市政公用工程结构符合相关专业结构与性能要求。

（5）工艺管线中给水排水管道越来越多采用水流性能好、抗腐蚀性高、抗地层变位性好的 PE 管、球墨铸铁管等新型管材。

二、构筑物与施工方法

（一）全现浇混凝土施工

（1）水处理（调蓄）构筑物的钢筋混凝土池体大多采用现浇混凝土施工。浇筑混凝土时应依据结构形式分段、分层连续进行，浇筑层高度应根据结构特点、钢筋疏密决定，一般为：

1）采用振动棒进行振捣时，混凝土分层振捣最大厚度≤振捣器作用部分长度的 1.25 倍，且最大不超过 500mm。

2）采用平板振动器进行振捣时，混凝土分层振捣最大厚度≤ 200mm。

3）采用附着振动器进行振捣时，混凝土分层振捣最大厚度，要根据附着振动器的设置方式，通过试验确定。

4）浇筑预留孔洞、预埋管、预埋件及止水带等周边混凝土时，应辅以人工插捣。

现浇混凝土的配合比、强度和抗渗、抗冻性能必须符合设计要求，构筑物不得有露筋、蜂窝、麻面、孔洞、夹渣、疏松、裂缝等质量缺陷，且整个构筑物混凝土应做到颜色一致、棱角分明、规则，体现外光内实的结构特点。

（2）水处理构筑物中圆柱形混凝土池体结构，当池壁高度大（12～18m）时宜采用整体现浇施工，支模方法有：满堂支模法及滑升模板法。前者模板与支架用量大，后者宜在池壁高度不小于 15m 时采用。

（3）污水处理构筑物中卵形消化池，通常采用无粘结预应力筋、曲面异形大模板施工。消化池钢筋混凝土主体外表面，需要做保温和外饰面保护；保温层、饰面层施工应符合设计要求。

（二）单元组合现浇混凝土施工

（1）沉砂池、生物反应池、清水池等大型池体的断面形式可分为圆形水池和矩形水池，宜采用单元组合式现浇混凝土结构，池体由相类似底板及池壁板块单元组合而成。

（2）以圆形储水池为例，池体通常由若干块厚扇形底板单元和若干块倒 T 形壁板单元组成，一般不设顶板。单元一次性浇筑而成，底板单元间用聚氯乙烯胶泥嵌缝，壁板单元间用橡胶止水带接缝，如图 1K414011-1 所示。这种单元组合结构可有效防止池体出现裂缝渗漏。

（3）大型矩形水池为避免裂缝渗漏，设计通常采用单元组合结构将水池分块（单元）浇筑。各块（单元）间留设后浇缝带，池体钢筋按设计要求一次绑扎好，缝带处不切断，待块（单元）养护 42d 后，再采用比块（单元）强度高一个等级的混凝土或掺加 UEA 的补偿收缩混凝土灌注后浇缝带且养护时间不应低于 14d，使其连成整体。如图 1K414011-2 所示。

（4）膨胀加强带是通过在结构预设的后浇带部位浇筑补偿收缩混凝土，减少或取消后浇带和伸缩缝、延长构件连续浇筑长度的一种技术措施，可分为连续式、间歇式和后浇式三种。连续式膨胀加强带是指膨胀加强带部位的混凝土与两侧相邻混凝土同时浇筑；间歇式膨胀加强带是指膨胀加强带部位的混凝土与一侧相邻的混凝土同时浇筑，而另一侧是施工缝；后浇式膨胀加强带与常规后浇带的浇筑方式相同。当采用连续式膨胀加强带工艺时，可大大缩短工期。

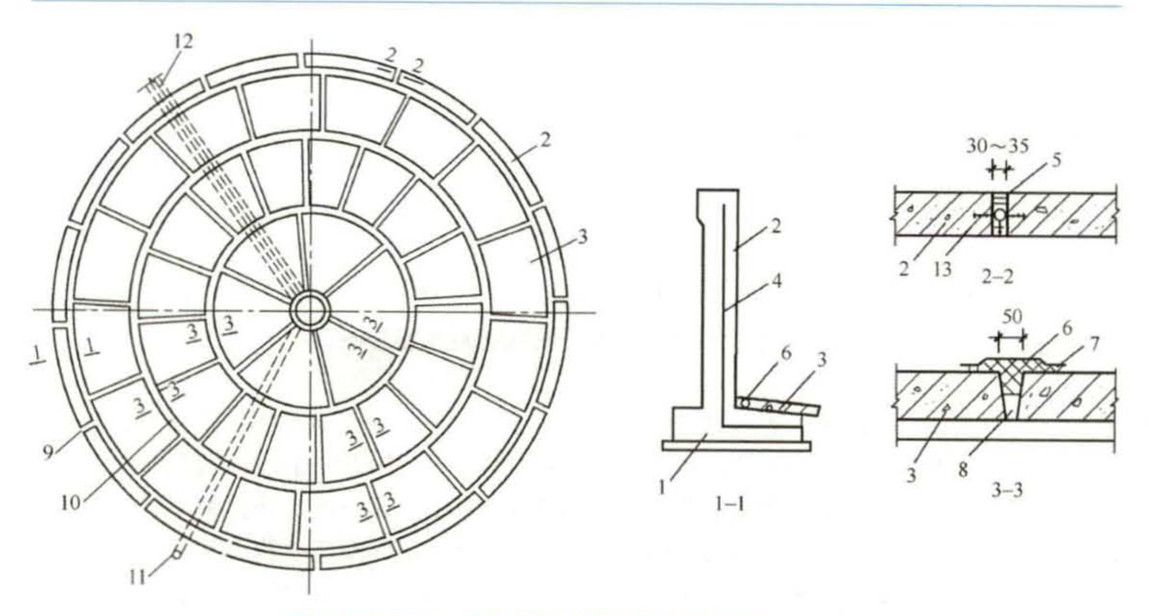


图 1K414011-1　圆形水池单元组合结构（单位：mm）

1、2、3—单元组合混凝土结构；4—钢筋；5—池壁内缝填充处理；6、7、8—池底板内缝填充处理；9—水池壁单元立缝；10—水池底板水平缝；11、12—工艺管线；13—橡胶止水带

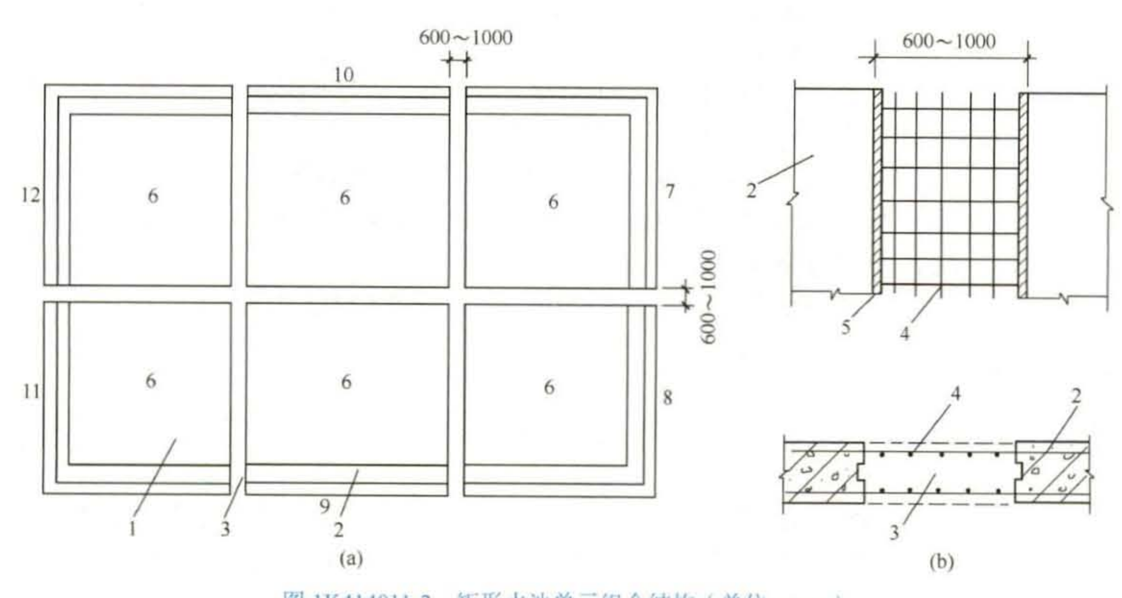


图 1K414011-2　矩形水池单元组合结构（单位：mm）

1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12—均为混凝土施工单元，其中：1、2—块（单元）；3—后浇带；4—钢筋（缝带处不切断）；5—端面凹形槽

用于后浇带、膨胀加强带部位的补偿收缩混凝土的设计强度等级应比两侧混凝土提高一个等级，其限制膨胀率不小于 0.025%。

（三）预制拼装施工

（1）水处理构筑物中沉砂池、沉淀池、调节池等圆形混凝土水池宜采用装配式预应力钢筋混凝土结构，以便获得较好的抗裂性和不透水性。

（2）预制拼装施工的圆形水池可采用缠绕预应力钢丝法、电热张拉法进行壁板环向预

应力施工。

（3）预制拼装施工的圆形水池在满水试验合格后，在池内满水条件下应及时进行喷射水泥砂浆保护层施工。喷浆层的厚度要满足预应力钢筋的净保护层厚度且不应小于 20mm。

（四）砌筑施工

（1）进水渠道、出水渠道和水井等辅助构筑物，可采用砖石砌筑结构，砌体外需抹水泥砂浆层，且应压实赶光，以满足工艺要求。

（2）量水槽（标准巴歇尔量水槽和大型巴歇尔量水槽）、出水堰等工艺辅助构筑物宜用耐腐蚀、耐水流冲刷、不变形的材料预制，现场安装而成。

（五）预制沉井施工

（1）钢筋混凝土结构泵房、机房通常采用半地下式或完全地下式结构，在有地下水、流砂、软土地层且地下无重要建（构）筑物及地下管线影响的条件下，可选择预制沉井法施工。

（2）预制沉井法施工通常采取排水下沉沉井方法和不排水下沉沉井方法。前者适用于渗水量不大，稳定的黏性土；后者适用于比较深的沉井或有严重流砂的情况。排水下沉分为人工挖土下沉、机具挖土下沉、水力机具下沉。不排水下沉分为水下抓土下沉、水下水力吸泥下沉、空气吸泥下沉。

（六）土膜结构水池施工

（1）稳定塘等塘体构筑物，因其施工简便、造价低近些年来在工程实践中应用较多，如 BIOLAKE 工艺中的稳定塘。

（2）基槽施工是塘体构筑物施工关键的分项工程，必须做好基础处理和边坡修整，以保证构筑物的整体结构稳定。

（3）塘体结构防渗施工是塘体结构施工的关键环节，应按设计要求控制防渗材料类型、规格、性能、质量，严格控制连接、焊接部位的施工质量，以保证防渗性能要求。

（4）塘体的衬里有多种类型（如 PE、PVC、沥青、水泥混凝土、CPE 等），应根据处理污水的水质类别和现场条件进行选择，按设计要求和相关规范要求施工。

1K414012 给水与污水处理工艺流程

一、给水处理

（一）处理方法与工艺

（1）处理对象通常为天然淡水水源，主要有来自江河、湖泊与水库的地表水和地下水（井水）两大类。水中含有的杂质，分为无机物、有机物和微生物三种，也可按杂质的颗粒大小以及存在形态分为悬浮物质、胶体和溶解物质三种。

（2）处理目的是去除或降低原水中悬浮物质、胶体、有害细菌生物以及水中含有的其他有害杂质，使处理后的水质满足用户需求。基本原则是利用现有的各种技术、方法和手段，采用尽可能低的工程造价，将水中所含的杂质分离出去，使水质得到净化。

（3）常用的给水处理方法（见表 1K414012-1）

常用的给水处理方法　　表 1K414012-1

自然沉淀	用以去除水中粗大颗粒杂质
混凝沉淀	使用混凝药剂沉淀或澄清去除水中胶体和悬浮杂质等

续表

过　滤	使水通过细孔性滤料层，截流去除经沉淀或澄清后剩余的细微杂质；或不经过沉淀，原水直接加药、混凝、过滤去除水中胶体和悬浮杂质
消　毒	去除水中病毒和细菌，保证饮水卫生和生产用水安全
软　化	降低水中钙、镁离子含量，使硬水软化
除铁除锰	去除地下水中所含过量的铁和锰，使水质符合饮用水要求

（二）工艺流程与适用条件（见表 1K414012-2）

常用处理工艺流程与适用条件　　表 1K414012-2

工 艺 流 程	适 用 条 件
原水→简单处理（如筛网隔滤或消毒）	水质较好
原水→接触过滤→消毒	一般用于处理浊度和色度较低的湖泊水和水库水，进水悬浮物一般小于 100mg/L，水质稳定、变化小且无藻类繁殖
原水→混凝→沉淀或澄清→过滤→消毒	一般地表水处理厂广泛采用的常规处理流程，适用于浊度小于 3mg/L 的河流水。河流、小溪水浊度通常较低，洪水时含沙量大，可采用此流程对低浊度无污染的水不加凝聚剂或跨越沉淀直接过滤
原水→调蓄预沉→混凝→沉淀或澄清→过滤→消毒	高浊度水二级沉淀，适用于含沙量大，沙峰持续时间长，预沉后原水含沙量应降低到 1000mg/L 以下，黄河中上游的中小型水厂和长江上游高浊度水处理多采用二级沉淀（澄清）工艺，适用于中小型水厂，有时在滤池后建造清水调蓄池

（三）预处理和深度处理

为了进一步发挥给水处理工艺的整体作用，提高对污染物的去除效果，改善和提高饮用水水质，除了常规处理工艺之外，还有预处理和深度处理工艺。

（1）按照对污染物的去除途径不同，预处理方法可分为氧化法和吸附法，其中氧化法又可分为化学氧化法和生物氧化法。化学氧化法预处理技术主要有氯气预氧化及高锰酸钾氧化、紫外光氧化、臭氧氧化等预处理；生物氧化预处理技术主要采用生物膜法，其形式主要是淹没式生物滤池，如进行 TOC 生物降解、氮去除、铁锰去除等。吸附预处理技术，如用粉末活性炭吸附、黏土吸附等。

（2）深度处理是指在常规处理工艺之后，再通过适当的处理方法，将常规处理工艺不能有效去除的污染物或消毒副产物的前身物（指能与消毒剂反应产生毒副产物的水中原有有机物，主要是腐殖酸类物质）去除，从而提高和保证饮用水质。目前，应用较广泛的深度处理技术主要有活性炭吸附法、臭氧氧化法、臭氧活性炭法、生物活性炭法、光催化氧化法、吹脱法等。

二、污水处理

（一）处理方法与工艺

（1）处理目的是将输送来的污水通过必要的处理方法，使之达到国家规定的水质控制标准后回用或排放。从污水处理的角度，污染物可分为悬浮固体污染物、有机污染物、有毒物质、污染生物和污染营养物质。污水中有机物浓度一般用生物化学需氧量（BOD_5）、化学需氧量（COD）、总需氧量（TOD）和总有机碳（TOC）来表示。

（2）处理方法可根据水质类型分为物理处理法、生物处理法、污水处理产生的污泥处

置及化学处理法，还可根据处理程度分为一级处理、二级处理及深度处理等工艺流程。

1）物理处理方法是利用物理作用分离和去除污水中污染物质的方法。常用方法有筛滤截留、重力分离、离心分离等，相应处理设备主要有格栅、沉砂池、沉淀池及离心机等。其中沉淀池同城镇给水处理中的沉淀池。

2）生物处理法是利用微生物的代谢作用，去除污水中有机物质的方法。常用的有活性污泥法、生物膜法等。

3）化学处理法，涉及城市污水处理中的混凝法，类同于城市给水处理。

（3）污泥需处理才能防止二次污染，其处置方法常有浓缩、厌氧消化、好氧消化、好氧发酵、脱水、石灰稳定、干化和焚烧等。

（二）工艺流程

（1）一级处理工艺流程如图 1K414012-1 所示，主要针对水中悬浮物质，常采用物理的方法，经过一级处理后，污水中悬浮物可去除 40% 左右，附着于悬浮物的有机物也可去除 30% 左右。

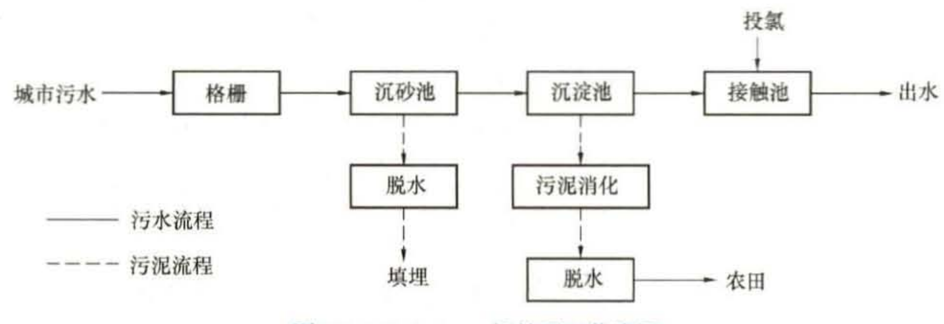


图 1K414012-1　一级处理工艺流程

（2）二级处理以氧化沟为例，其工艺流程如图 1K414012-2 所示，主要去除污水中呈胶体和溶解状态的有机污染物质。通常采用的方法是微生物处理法，具体方式有活性污泥法和生物膜法。经过二级处理后，BOD_5 去除率可达 90% 以上，二沉池出水能达标排放。

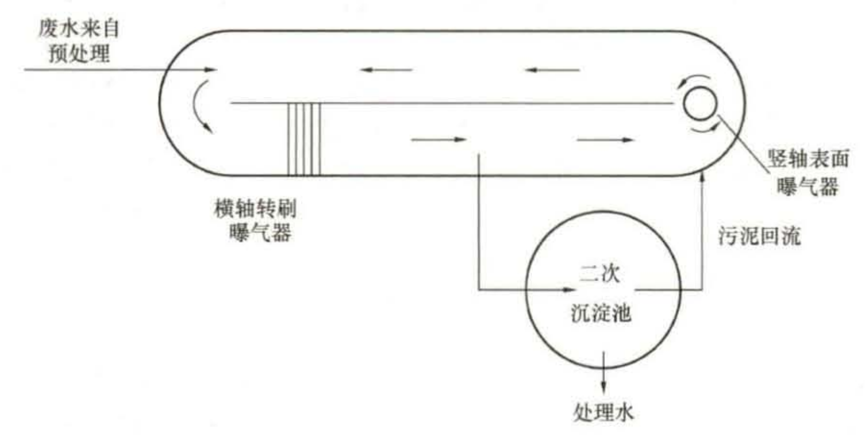


图 1K414012-2　氧化沟系统平面示意图

1）活性污泥处理系统，在当前污水处理领域，是应用最为广泛的处理技术之一，曝气池是其反应器。污水与污泥在曝气池中混合，污泥中的微生物将污水中复杂的有机物降

解，并用释放出的能量来实现微生物本身的繁殖和运动等。

2）氧化沟是传统活性污泥法的一种改型，污水和活性污泥混合液在其中循环流动，动力来自于转刷与水下推进器。一般不需要设置初沉池，并且经常采用延时曝气。

氧化沟工艺构造形式多样，一般呈环状沟渠形，其平面可为圆形或椭圆形或与长方形的组合状。主要构成有氧化沟沟体、曝气装置、进出水装置、导流装置。传统的氧化沟具有延时曝气活性污泥法的特点，通过调节曝气的强度和水流方式，可以使氧化沟内交替出现厌氧、缺氧和好氧状态或出现厌氧区、缺氧区和好氧区，从而脱氮除磷。根据形式的不同，氧化沟可以分为卡罗赛尔氧化沟、奥贝尔氧化沟、交替式氧化沟、一体式氧化沟及其他类型的氧化沟。

（3）深度处理是在一级处理、二级处理之后，进一步处理难降解的有机物以及可导致水体富营养化的氮、磷等可溶性无机物等。深度处理常用于二级处理以后，以进一步改善水质和达到国家有关排放标准为目的。深度处理使用的方法有混凝、沉淀（澄清、气浮）、过滤、消毒、必要时可采用活性炭吸附、膜过滤、臭氧氧化和自然处理等工艺。

三、再生水回用

（1）再生水，又称为中水，是指污水经适当处理后，达到一定的水质指标、满足某种使用要求的供水。

（2）再生回用处理系统是将经过二级处理后的污水再进行深度处理，以去除二级处理剩余的污染物，如难以生物降解的有机物、氮、磷、致病微生物、细小的固体颗粒以及无机盐等，使净化后的污水达到各种回用目的水质要求。回用处理技术的选择主要取决于再生水水源的水质和回用水水质的要求。

（3）再生水回用分为以下五类：

1）农、林、渔业用水：含农田灌溉、造林育苗、畜牧养殖、水产养殖。

2）城市杂用水：含城市绿化、冲厕、道路清扫、车辆冲洗、建筑施工、消防。

3）工业用水：含冷却、洗涤、锅炉、工艺、产品用水。

4）环境用水：含娱乐性景观环境用水、观赏性景观环境用水。

5）补充水源水：含补充地下水和地表水。

1K414013 给水与污水处理厂试运行

给水与污水处理构筑物土建工程和设备、电气安装、试验、验收完成后，正式运行前必须进行全厂试运行。

一、试运行目的与内容

（一）试运行目的

（1）对土建工程和设备安装进行全面、系统的质量检查和鉴定，以作为工程质量验收的依据。

（2）通过试运行发现土建工程和设备安装工程存在的缺陷，以便及早处理，避免事故发生。

（3）通过试运行考核主辅机具设备协调联动的正确性，掌握设备的技术性能，制定运行必要的技术数据和操作规程。

（4）结合运行进行一些现场测试，以便进行技术经济分析，满足设备运行安全、低

耗、高效的要求。

（5）通过试运行确认水厂土建和安装工程质量符合规程、规范要求，以便进行全面的验收和移交工作。

（二）主要内容与程序

1. 主要内容

（1）检验、试验和监视运行，设备首次启动，以试验为主，通过试验掌握运行性能。

（2）按规定全面详细记录试验情况，整理成技术资料。

（3）正确评估试运行资料、质量检查和鉴定资料等，并建立档案。

2. 基本程序

（1）单机试车。

（2）设备机组充水试验。

（3）设备机组空载试运行。

（4）设备机组负荷试运行。

（5）设备机组自动开停机试运行。

二、试运行要求

（一）准备工作

（1）所有单项工程验收合格，并进行现场清理。

（2）设备部分、电器部分检查。

（3）辅助设备检查与单机试车。

（4）编写试运行方案并获准。

（5）成立试运行组织，责任清晰明确。

（6）参加试运行人员培训考试合格。

（二）单机试车要求

（1）单机试车，一般空车试运行不少于 2h。

（2）各执行机构运作调试完毕，动作反应正确。

（3）自动控制系统运行正常。

（4）监测并记录单机运行数据。

（三）联机运行要求

（1）按工艺流程各构筑物逐个通水联机试运行正常。

（2）全厂联机试运行、协联运行正常。

（3）先采用手工操作，处理构筑物和设备全部运转正常后，方可转入自动控制运行。

（4）全厂联机运行应不少于 24h。

（5）监测并记录各构筑物运行情况和运行数据。

（四）设备及泵站空载运行

（1）处理设备及泵房机组首次启动。

（2）处理设备及泵房机组运行 4～6h 后，停机试验。

（3）机组自动开、停机试验。

（五）设备及泵站负荷运行

（1）用手动或自动启动负荷运行。

（2）检查、监视各构筑物负荷运行状况。

（3）不通水情况下，运行 6～8h，一切正常后停机。

（4）停机前应抄表一次。

（5）检查各台设备是否出现过热、过流、噪声等异常现象。

（六）联合试运行

（1）联合试运转应带负荷运行，试运转持续时间不应小于 72h，设备应运行正常、性能指标符合设计文件的要求。

（2）连续试运行期间，开机、停机不少于 3 次。

（3）处理设备及泵房机组联合试运行时间，一般不少于 6h。

（4）水处理和泥处理工艺系统试运行满足工艺要求：

1）设备联合试运转应连续、稳定，工艺过程应符合设计及设备技术文件的要求，运行指标应达到工艺要求。

2）电气设备及系统联合试运转应连续、稳定，运行指标应满足安全要求，供电能力应满足工艺要求，运行状态及数据应显示正常，报警应及时。

3）自动控制、仪表安装工程联合试运转应连续、稳定；显示数据应与现场情况一致，执行机构应动作准确、到位，数据记录应完整，形成图表应完整；软件画面切换应迅速，报警应及时。

4）联合试运转过程中，构（建）筑物及管线工程应安全可靠，池体、管线应无渗漏。

（5）填写设备负荷联动（系统）试运行记录表。

（6）整理分析试运行技术经济资料。

1K414020 给水排水厂站工程施工

1K414021 现浇（预应力）混凝土水池施工技术

一、施工方案与流程

（一）施工方案

施工方案应包括基础处理、结构形式、材料与配合比、施工工艺及流程、模板及其支架设计（支架设计、验算）、钢筋加工安装、混凝土施工、预应力施工等主要内容。

（二）整体式现浇钢筋混凝土池体结构施工流程

测量定位→土方开挖及地基处理→垫层施工→防水层施工→底板浇筑→池壁及柱浇筑→顶板浇筑→功能性试验。

（三）单元组合式现浇钢筋混凝土水池工艺流程

土方开挖及地基处理→中心支柱浇筑→池底防渗层施工→浇筑池底混凝土垫层→池内防水层施工→池壁分块浇筑→底板分块浇筑→底板嵌缝→池壁防水层施工→功能性试验。

二、施工技术要点

（一）模板、支架施工

（1）模板及其支架应满足浇筑混凝土时的承载能力、刚度和稳定性要求，且应安装牢固。

（2）钢模板安装前应抛光、除锈并涂刷隔离剂。各部位的模板安装位置正确、拼缝紧密不漏浆；对拉螺栓、垫块等安装稳固；模板上的预埋件、预留孔洞、穿墙套管的安装必

须牢固，位置准确。穿墙套管的直径应至少比管道直径大50mm。待管道穿过套管后，套管与管道空隙应进行防水处理。在安装池壁的最下一层模板时，应在适当位置预留清扫杂物用的窗口。在浇筑混凝土前，应将模板内部清扫干净，经检验合格后，再将窗口封闭。

（3）采用穿墙螺栓来平衡混凝土浇筑对模板侧压力时，应选用两端能拆卸的螺栓或在拆模板时可拔出的螺栓，并应符合下列规定：

1）两端能拆卸的螺栓中部应加焊止水环，止水环不宜采用圆形，且与螺栓满焊牢固。

2）螺栓拆卸后混凝土壁面应留有40～50mm深的锥形槽。

3）在池壁形成的螺栓锥形槽，应采用无收缩、易密实、具有足够强度、与池壁混凝土颜色一致或接近的材料封堵，封堵完毕的穿墙螺栓孔不得有收缩裂缝和湿渍现象。

对跨度不小于4m的现浇钢筋混凝土梁、板，其模板应按设计要求起拱；设计无具体要求时，起拱高度宜为跨度的1/1000～3/1000。

（4）池壁模板施工时，应设置确保墙体直顺和防止浇筑混凝土时模板倾覆的装置。

（5）固定在模板上的预埋管、预埋件安装前应清除铁锈和油污，安装后应作标志。

（6）池壁与顶板连续施工时，池壁内模立柱不得同时作为顶板模板立柱。顶板支架的斜杆或横向连杆不得与池壁模板的杆件相连接。池壁模板可先安装一侧，绑完钢筋后，分层安装另一侧模板，或采用一次安装到顶而分层预留操作窗口的施工方法。分层安装模板，每层层高不宜超过1.5m；分层留置的窗口的层高不宜超过3m，水平净距不宜超过1.5m。

（二）止水带安装

（1）塑料或橡胶止水带的形状、尺寸及其材质的物理性能，应符合设计要求，且无裂纹，无气泡。用于贮存或运输饮用水构筑物的止水带，其卫生指标应符合《食品安全国家标准 食品接触用橡胶材料及制品》GB 4806.11—2016的相关要求。

（2）塑料或橡胶止水带接头应采用热接，不得叠接；接缝应平整牢固，不得有裂口、脱胶现象；T形接头、十字接头和Y形接头，应在工厂加工成型。

（3）金属止水带应平整、尺寸准确，其表面的铁锈、油污应清除干净，不得有砂眼、钉孔。

（4）金属止水带接头应按其厚度分别采用折叠咬接或搭接；搭接长度不得小于20mm，咬接或搭接必须采用双面焊接。

（5）金属止水带在伸缩缝中的部分应涂防锈和防腐涂料。

（6）止水带安装应牢固，无孔洞、撕裂、扭曲、褶皱，位置准确，其中心线应与变形缝中心线对正，止水带不得有裂纹、孔洞等。不得在止水带上穿孔或用铁钉固定就位。

（7）混凝土结构中，止水带、遇水膨胀止水条和预埋注浆管可组合应用，以提高施工缝的防水质量。

（三）施工缝设置

（1）混凝土底板和顶板，应连续浇筑不得留置施工缝；设计有变形缝时，应按变形缝分仓浇筑。

（2）构筑物池壁的施工缝设置应符合设计要求，设计无要求时，应符合下列规定：

1）池壁与底部相接处的施工缝，宜留在底板上面不小于200mm处；底板与池壁连接有腋角时，宜留在腋角上面不小于200mm处。

2）池壁与顶部相接处的施工缝，宜留在顶板下面不小于200mm处；有腋角时，宜留

在腋角下部。

3）构筑物处地下水位或设计运行水位高于底板顶面 8m 时，施工缝处宜设置高度不小于 200mm、厚度不小于 3mm 的止水钢板。

（四）钢筋施工

（1）加工前对进场原材料进行复试，合格后方可使用。

（2）根据设计保护层厚度、钢筋级别、直径、锚固长度、绑扎及焊接长度、弯钩要求确定下料长度并编制钢筋下料表。

（3）钢筋连接的方式：根据钢筋直径、钢材、现场条件确定钢筋连接的方式。主要采取机械连接、焊接、绑扎方式。

（4）加工及安装应满足《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141—2008、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 等规定和设计要求。

钢筋安装应按《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107—2016、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18—2012 的规定，抽取钢筋机械连接接头、焊接接头试件做力学性能检验，其质量应符合有关规程的规定。

（5）钢筋安装质量检验应在模板支搭或混凝土浇筑之前对安装完毕的钢筋进行隐蔽验收。

（6）变形缝止水带安装部位、预留开孔等处的钢筋应预先制作成型，安装位置准确、尺寸正确、安装牢固。

（7）预埋件、预埋螺栓及插筋等，其埋入部分不得超过混凝土结构厚度的 3/4。

（五）无粘结预应力施工

1. 无粘结预应力筋技术要求

（1）预应力筋外包层材料，应采用聚乙烯或聚丙烯，不得使用聚氯乙烯；外包层材料性能符合《无粘结预应力混凝土结构技术规程》JGJ 92—2016 的要求。

（2）预应力筋涂料层应采用专用防腐油脂，其性能应符合《无粘结预应力筋用防腐润滑脂》JG/T 430—2014 的要求。

（3）必须采用 I 类锚具，锚具规格应根据无粘结预应力筋的品种、张拉吨位以及工程使用情况选用。

2. 施工工艺流程

钢筋施工→安装内模板→铺设非预应力筋→安装托架筋、承压板、螺旋筋→铺设无粘结预应力筋→外模板→混凝土浇筑→混凝土养护→拆模及锚固肋混凝土凿毛→割断外露塑料套管并清理油脂→安装锚具→安装千斤顶→同步加压→量测→回油撤泵→锁定→切断无粘结筋（留 100mm）→锚具及钢绞线防腐→封锚混凝土。

3. 无粘结预应力筋布置安装

（1）锚固肋数量和布置，应符合设计要求；设计无要求时，张拉段无粘结预应力筋长不超过 50m，且锚固肋数量为双数。

（2）安装时，上下相邻两环无粘结预应力筋锚固位置应错开一个锚固肋；应以锚固肋数量的一半为无粘结预应力筋分段（张拉段）数量；每段无粘结预应力筋的计算长度应加入一个锚固肋宽度及两端张拉工作长度和锚具长度。

（3）应在浇筑混凝土前安装、放置；浇筑混凝土时，不得踏压、撞碰无粘结预应力筋、支撑架及端部预埋件。

（4）无粘结预应力筋不应有死弯，有死弯时应切断。

（5）无粘结预应力筋中严禁有接头。

4．无粘结预应力张拉

（1）张拉段无粘结预应力筋长度小于25m时，宜采用一端张拉；张拉段无粘结预应力筋长度大于25m而小于50m时，宜采用两端张拉；张拉段无粘结预应力筋长度大于50m时，宜采用分段张拉和锚固。

（2）安装张拉设备时，对直线的无粘结预应力筋，应使张拉力的作用线与预应力筋中心重合；对曲线的无粘结预应力筋，应使张拉力的作用线与预应力筋中心线末端重合。

（3）无粘结预应力筋张拉时，混凝土同条件立方体试块抗压强度应满足设计要求；当设计无具体要求时，不应低于设计混凝土强度等级值的75%。

5．封锚要求

（1）凸出式锚固端锚具的保护层厚度不应小于50mm。

（2）外露预应力筋的保护层厚度不应小于50mm。

（3）封锚混凝土强度等级不得低于相应结构混凝土强度等级，且不得低于C40。

（六）混凝土施工

（1）钢筋（预应力）混凝土水池（构筑物）是给水排水场站工程施工控制的重点。对于结构混凝土外观质量、内在质量有较高的要求，设计上有抗冻、抗渗、抗裂要求。对此，混凝土施工必须从原材料及外加剂选择，配合比设计，混凝土的搅拌及运输，混凝土的分仓布置、预留施工缝及后浇带的位置及要求，混凝土浇筑顺序、浇筑速度及振捣方法，预防混凝土施工裂缝措施，季节性施工措施，养护各环节加以控制以确保实现设计的使用功能。

（2）混凝土施工、验收和试验严格按《给水排水构筑物工程施工及验收规范》GB 50141—2008、《混凝土结构工程施工规范》GB 50666—2011、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015等规范规定和设计要求执行。

（3）混凝土浇筑后的12h以内，对混凝土加以覆盖保湿养护，保湿养护可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。采用塑料薄膜、塑料薄膜加土工织物、塑料薄膜加草帘覆盖养护时，塑料薄膜应紧贴混凝土裸露表面，塑料薄膜内应保持有凝结水。

洒水养护宜在混凝土裸露表面覆盖麻袋或草帘后进行，也可采用直接洒水、蓄水等养护方式；洒水养护应保证混凝土表面处于湿润状态，养护时间不应少于14d，养护至达到规范规定的强度。当日最低温度低于5℃时，不应采用洒水养护。

后浇带浇筑应在两侧混凝土养护不少于42d以后进行。后浇带混凝土的养护时间不应少于14d；地下室底层墙、柱和上部结构首层墙、柱，宜适当增加养护时间。

大体积混凝土应进行保温保湿养护，保湿养护的持续时间不得少于14d。

混凝土养护，控制浇筑混凝土内外温差不大于25℃。

混凝土强度达到1.2MPa前，不得在其上踩踏、堆放物料或安装模板及支架。

（七）模板及支架拆除

（1）应按模板支架设计方案、程序进行拆除。

（2）采用整体模板时，侧模板应在混凝土强度能保证其表面及棱角不因拆除模板而受损坏时，方可拆除；其他模板应在与结构同条件养护的混凝土试块达到表 1K414021 规定强度时，方可拆除。

整体现浇混凝土模板拆模时所需混凝土强度　　表 1K414021

序号	构件类型	构件跨度 *L*（m）	达到设计的混凝土立方体抗压强度标准值的百分率（%）
1	板	≤ 2	≥ 50
		2 < *L* ≤ 8	≥ 75
		> 8	≥ 100
2	梁、拱、壳	≤ 8	≥ 75
		> 8	≥ 100
3	悬臂构件	—	≥ 100

（3）同条件养护试件的养护条件应与实体结构部位养护条件相同，并应妥善保管。

（4）施工现场应具备混凝土标准试件制作条件，并应设置标准试件养护室或养护箱。标准试件养护应符合国家现行有关标准的规定。

（5）模板及支架拆除时，应划定安全范围，设专人指挥和值守。

1K414022　装配式预应力混凝土水池施工技术

一、预制构件吊运安装

（一）构件吊装方案

预制构件吊装前必须编制吊装方案。吊装方案应包括以下内容：

（1）工程概况，包括施工环境、工程特点、规模、构件种类数量、最大构件自重、吊距以及设计要求、质量标准。

（2）主要技术措施，包括吊装前环境、材料机具与人员组织等准备工作、吊装程序和方法、构件稳固措施，不同气候施工措施等。

（3）吊装进度计划。

（4）质量安全保证措施，包括管理人员职责，检测监控手段，发现不合格的处理措施以及吊装作业记录表格等安全措施。

（5）环保、文明施工等保证措施。

（二）预制构件安装

（1）预制构件安装前应经复验合格；有裂缝的构件，应进行鉴定。预制柱、梁及壁板等构件应标注中心线，并在杯槽、杯口上标出中心线。预制壁板安装前应将不同类别的壁板按预定位置顺序编号。壁板两侧面宜凿毛，应将浮渣、松动的混凝土等冲洗干净，并应将杯口内杂物清理干净，界面处理满足安装要求。

（2）预制构件应按设计位置起吊，曲梁宜采用三点吊装。吊绳与预制构件平面的交角不应小于 45°；当小于 45° 时，应进行强度验算。预制构件安装就位后，应采取临时固定措施。曲梁应在梁的跨中临时支撑，待上部二期混凝土达到设计强度的 75% 及以上时，方可拆除支撑。安装的构件，必须在轴线位置及高程进行校正后焊接或浇筑接头混凝土。

（3）预制混凝土壁板（构件）安装位置应准确、牢固，不应出现扭曲、损坏、明显错

台等现象。池壁板安装应垂直、稳固，相邻板湿接缝及杯口填充部位混凝土应密实。池壁顶面高程和平整度应满足设备安装及运行的精度要求。

二、现浇壁板缝混凝土

预制安装水池满水试验能否合格，除底板混凝土施工质量和预制混凝土壁板质量满足抗渗标准外，现浇壁板缝混凝土也是防渗漏的关键，必须控制其施工质量，具体操作要点如下：

（1）壁板接缝的内模宜一次安装到顶；外模应分段随浇随支。分段支模高度不宜超过1.5m。

（2）浇筑前，接缝的壁板表面应洒水保持湿润，模内应洁净；接缝的混凝土强度应符合设计规定，设计无要求时，应比壁板混凝土强度提高一级。

（3）浇筑时间应根据气温和混凝土温度选在壁板间缝宽较大时进行；混凝土如有离析现象，应进行二次拌合；混凝土分层浇筑厚度不宜超过250mm，并应采用机械振捣，配合人工捣固。

（4）用于接头或拼缝的混凝土或砂浆，宜采取微膨胀和快速水泥，在浇筑过程中应振捣密实并采取必要的养护措施。

1K414023 构筑物满水试验的规定

满水试验是给水排水构筑物的主要功能性试验之一，盛水构筑物施工完毕必须进行满水试验。

一、试验必备条件与准备工作

（一）满水试验前必备条件

（1）池体的混凝土或砖、石砌体的砂浆已达到设计强度要求；池内清理洁净，池内外缺陷修补完毕。

（2）现浇钢筋混凝土池体的防水层、防腐层施工之前；装配式预应力混凝土池体施加预应力且锚固端封锚以后，保护层喷涂之前；砖砌池体防水层施工以后，石砌池体勾缝以后。

（3）设计预留孔洞、预埋管口及进出水口等已做临时封堵，且经验算能安全承受试验压力。

（4）池体抗浮稳定性满足设计要求。

（5）试验用的充水、充气和排水系统已准备就绪，经检查充水、充气及排水闸门不得渗漏。

（6）各项保证试验安全的措施已满足要求；满足设计的其他特殊要求。

（7）试验所需的各种仪器设备应为合格产品，并经具有合法资质的相关部门检验合格。

（二）满水试验准备工作

（1）选定好洁净、充足的水源；注水和放水系统设施及安全措施准备完毕。

（2）有盖池体顶部的通气孔、人孔盖已安装完毕，必要的防护设施和照明等标志已配备齐全。

（3）安装水位观测标尺、标定水位测针。

（4）准备现场测定蒸发量的设备。一般采用严密不渗，直径500mm、高300mm的敞口钢板水箱，并设水位测针，注水深200mm。将水箱固定在水池中。

（5）对池体有观测沉降要求时，应选定观测点，并测量记录池体各观测点初始高程。

二、水池满水试验与流程

（一）试验流程

试验准备→水池注水→水池内水位观测→蒸发量测定→整理试验结论。

（二）试验要求

1. 池内注水

（1）向池内注水应分3次进行，每次注水为设计水深的1/3。对大、中型池体，可先注水至池壁底部施工缝以上，检查底板抗渗质量，当无明显渗漏时，再继续注水至第一次注水深度。

（2）注水时水位上升速度不宜大于2m/d，相邻两次注水的间隔时间不应小于24h。

（3）每次注水宜测读24h的水位下降值，计算渗水量，在注水过程中和注水以后，应对池体做外观检查和沉降量观测。当发现渗水量或沉降量过大时，应停止注水。待作出妥善处理后继续注水。

（4）设计有特殊要求时，应按设计要求执行。

2. 水位观测

（1）利用水位标尺测针观测、记录注水时的水位值。

（2）注水至设计水深进行水量测定时，应采用水位测针测定水位。水位测针的读数精确度应达1/10mm。

（3）注水至设计水深24h后，开始测读水位测针的初读数。

（4）测读水位的初读数与末读数的间隔时间应不少于24h。

（5）测定时间应连续。测定的渗水量符合标准时，须连续测定两次以上；测定的渗水量超过允许标准，而以后的渗水量逐渐减少时，可继续延长观测。延长观测的时间应在渗水量符合标准时止。

3. 蒸发量测定

（1）池体有盖时，蒸发量可忽略不计。

（2）池体无盖时，必须做蒸发量测定。

（3）每次测定水池中水位时，同时测定水箱中水位。

三、满水试验标准

（1）水池渗水量计算，按池壁（不含内隔墙）和池底的浸湿面积计算。

（2）渗水量合格标准。钢筋混凝土结构水池不得超过2L/（$m^2 \cdot d$）；砌体结构水池不得超过3L/（$m^2 \cdot d$）。

1K414024 沉井施工技术

一、沉井的构造

沉井的组成部分包括井筒、刃脚、隔墙、梁、底板，如图1K414024-1所示。

（1）井筒。即沉井的井壁，是沉井的主要组成部分，它作为地下构筑物的围护结构和基础，要有足够的强度，其内部空间可充分利用。井筒是靠它的自重或外力克服筒壁周围

的土的摩阻力而下沉。井筒一般用钢筋混凝土、砌砖或钢材等材料制成。

（2）刃脚。刃脚在沉井井筒的下部，形状为内刃环刀，其作用是使井筒下沉时减少井壁下端切土的阻力，并便于操作人员挖掘靠近沉井刃脚外壁的土体。刃脚的高度视土质的坚硬程度而异，当土质松软时应适当加高。刃脚下端有一个水平的支承面，通称刃脚踏面，其底宽一般为 150～300mm，刃脚踏面以上为刃脚斜面，在井筒壁的内侧，它与水平面的夹角一般为 50°～60°。当沉井在坚硬土层中下沉时，刃脚踏面的底宽宜取 150mm；为防止脚踏面受到损坏，可用角钢加固；当采用爆破法清除刃脚下的障碍物时，要在刃脚的外缘用钢板包住，以达到加固的目的，如图 1K414024-2 所示。

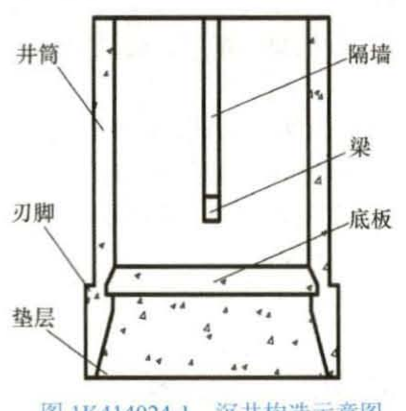



图 1K414024-1　沉井构造示意图



图 1K414024-2　刃脚加固构造图

（3）隔墙、壁柱和横梁。为满足沉井在交工后的使用要求，增加井筒的刚度及防止井筒在施工过程中的突然下沉，一般在较大的沉井井筒内设置横、纵隔墙或梁，隔墙的底标高高出刃脚踏面 500～1000mm；如因设置隔墙而影响使用和井筒下沉的操作，可改用横梁或由上、下横梁和壁柱组成的框架加固井壁。

（4）底板。沉井的底板在井筒的下部，是沉井的井底。为增强井壁与底板的连接，在刃脚上部井筒壁上留有连接底板的企口凹槽，深度为 100～200mm。

二、沉井准备工作

（一）基坑准备

（1）按施工方案要求，进行施工平面布置，设定沉井中心桩，轴线控制桩，基坑开挖深度及边坡。

（2）沉井施工影响附近建（构）筑物、管线或河岸设施时，应采取控制措施，并应进行沉降和位移监测，测点应设在不受施工干扰和方便测量的地方。

（3）地下水位应控制在沉井基坑以下 0.5m，基坑内的水应及时排除；采用沉井筑岛法制作时，岛面标高应比施工期最高水位高出 0.5m 以上。

（4）基坑开挖应分层有序进行，保持平整和疏干状态。

（二）地基与垫层施工

（1）制作沉井的地基应具有足够的承载力，地基承载力不能满足沉井制作阶段的荷载时，除按设计进行地基加固外，刃脚的垫层采用砂垫层上铺垫木或素混凝土，且应满足下列要求：

1）垫层的结构厚度和宽度应根据土体地基承载力、沉井下沉结构高度和结构形式，

经计算确定；素混凝土垫层的厚度还应便于沉井下沉前凿除。

2）砂垫层分布在刃脚中心线的两侧范围，应考虑方便抽除垫木；砂垫层宜采用中粗砂，并应分层铺设、分层夯实。

3）垫木铺设应使刃脚底面在同一水平面上，并符合设计起沉标高的要求；平面布置要均匀对称，每根垫木的长度中心应与刃脚底面中心线重合，定位垫木的布置应使沉井有对称的着力点。

4）采用素混凝土垫层时，其强度等级应符合设计要求，表面平整。

（2）沉井刃脚采用砖模时，其底模和斜面部分可采用砂浆、砖砌筑；每隔适当距离砌成垂直缝。砖模表面可采用水泥砂浆抹面，并应涂一层隔离剂。

三、沉井预制

（1）结构的钢筋、模板、混凝土工程施工应符合本书 1K414021 条有关规定和设计要求；混凝土应对称、均匀、水平连续分层浇筑，并应防止沉井偏斜。

（2）分节制作沉井：

1）每节制作高度应符合施工方案要求且第一节制作高度必须高于刃脚部分；井内设有底梁或支撑梁时应与刃脚部分整体浇捣。

2）设计无要求时，混凝土强度应达到设计强度等级 75% 后，方可拆除模板或浇筑后节混凝土。

3）混凝土施工缝处理应采用凹凸缝或设置钢板止水带，施工缝应凿毛并清理干净；内外模板采用对拉螺栓固定时，其对拉螺栓的中间应设置防渗止水片；钢筋密集部位和预留孔底部应辅以人工振捣，保证结构密实。

4）沉井每次接高时各部位的轴线位置应一致、重合，及时做好沉降和位移监测；必要时应对刃脚地基承载力进行验算，并采取相应措施确保地基及结构的稳定。

5）分节制作、分次下沉的沉井，前次下沉后进行后续接高施工：

① 应验算接高后稳定系数等，并应及时检查沉井的沉降变化情况，严禁在接高施工过程中沉井发生倾斜和突然下沉。

② 后续各节的模板不应支撑于地面上，模板底部应距地面不小于 1m；搭设外排脚手架应与模板脱开。

四、下沉施工

（一）沉井下沉前应做下列准备工作

（1）将井壁、隔墙、底梁等与封底及底板连接部位凿毛。

（2）预留孔、洞和预埋管临时封堵，防止渗漏水。

（3）在沉井井壁上设置下沉观测标尺、中线和垂线。

（4）采用排水下沉需要降低地下水位时，地下水位降水高度应满足下沉施工要求。

（5）第一节混凝土强度应达到设计强度，其余各节应达到设计强度的 70%；对于分节制作分次下沉的沉井，后续下沉、接高部分混凝土强度应达到设计强度的 70%。

（二）排水下沉

（1）应采取措施，确保下沉和降低地下水过程中不危及周围建（构）筑物、道路或地下管线，并保证下沉过程和终沉时的坑底稳定。

（2）下沉过程中应进行连续排水，保证沉井范围内地层水疏干。

（3）挖土应分层、均匀、对称进行；对于有底梁或支撑梁沉井，其相邻格仓高差不宜超过 0.5m；开挖顺序应根据地质条件、下沉阶段、下沉情况综合运用和灵活掌握，严禁超挖。

（4）用抓斗取土时，井内严禁站人；对于有底梁或支撑梁的沉井，严禁人员在底梁下穿越。

（三）不排水下沉

（1）沉井内水位应符合施工设计控制水位，井内水位不得低于井外水位；下沉有困难时，应根据内外水位、井底开挖几何形状、下沉量及速率、地表沉降等监测资料综合分析调整井内外的水位差；流动性土层开挖时，应保持井内水位高出井外水位不少于 1m。

（2）机械设备的配备应满足沉井下沉以及水中开挖、出土等要求，运行正常；废弃土方、泥浆应专门处置，不得随意排放。

（3）水中开挖、出土方式应根据井内水深、周围环境控制要求等因素选择。

（四）沉井下沉控制

（1）下沉应平稳、均衡、缓慢，发生偏斜应通过调整开挖顺序和方式"随挖随纠、动中纠偏"。

（2）应按施工方案规定的顺序和方式开挖。

（3）沉井下沉影响范围内的地面四周不得堆放任何东西，车辆来往要减少震动。

（4）沉井下沉监控测量：

1）下沉时标高、轴线位移每班至少测量一次，每次下沉稳定后应进行高差和中心位移量的计算。

2）终沉时，每小时测一次，严格控制超沉，沉井封底前自沉速率应小于 10mm/8h。

3）如发生异常情况应加密量测。

4）大型沉井应进行结构变形和裂缝观测。

（五）辅助法下沉

（1）沉井外壁采用阶梯形以减少下沉摩擦阻力时，在井外壁与土体之间应有专人随时用黄砂均匀灌入，四周灌入黄砂的高差不应超过 500mm。

（2）采用触变泥浆套助沉时，应采用自流渗入、管路强制压注补给等方法；触变泥浆的性能应满足施工要求，泥浆补给应及时以保证泥浆液面高度；施工中应采取措施防止泥浆套损坏失效，下沉到位后应进行泥浆置换。

（3）采用空气幕助沉时，管路和喷气孔、压气设备及系统装置的设置应满足施工要求；开气应自上而下，停气应缓慢减压，压气与挖土应交替作业；确保施工安全。

（4）沉井采用爆破方法开挖下沉时，应符合国家有关爆破安全的规定。

五、沉井封底

（一）干封底

（1）在井点降水条件下施工的沉井应继续降水，并稳定保持地下水位距坑底不小于 0.5m；在沉井封底前应用大石块将刃脚下垫实。

（2）封底前应整理好坑底和清除浮泥，对超挖部分应回填砂石至规定标高。

（3）采用全断面封底时，混凝土垫层应一次性连续浇筑；有底梁或支撑梁分格封底

时，应对称逐格浇筑。

（4）钢筋混凝土底板施工前，井内应无渗漏水且新、老混凝土接触部位凿毛处理，并清理干净。

（5）封底前应设置泄水井，底板混凝土强度达到设计强度等级且满足抗浮要求时，方可封填泄水井、停止降水。

（二）水下封底

（1）基底的浮泥、沉积物和风化岩块等应清除干净；软土地基应铺设碎石或卵石垫层。

（2）混凝土凿毛部位应洗刷干净。

（3）浇筑混凝土的导管加工、设置应满足施工要求。

（4）浇筑前，每根导管应有足够的混凝土量，浇筑时能一次将导管底埋住。

（5）水下混凝土封底的浇筑顺序，应从低处开始，逐渐向周围扩大；井内有隔墙、底梁或混凝土供应量受到限制时，应分格对称浇筑。

（6）每根导管的混凝土应连续浇筑，且导管埋入混凝土的深度不宜小于1.0m；各导管间混凝土浇筑面的平均上升速度不应小于0.25m/h；相邻导管间混凝土上升速度宜相近，最终浇筑成的混凝土面应略高于设计高程。

（7）水下封底混凝土强度达到设计强度等级，沉井能满足抗浮要求时，方可将井内水抽除，并凿除表面松散混凝土进行钢筋混凝土底板施工。

1K414025 水池施工中的抗浮措施

当地下水位较高或雨、汛期施工时，水池等给水排水构筑物施工过程中需要采取措施防止水池上浮。

一、当构筑物设有抗浮设计时

（1）当地下水位高于基坑底面时，水池基坑施工前必须采取人工降水措施，把水位降至基坑底下不少于500mm，以防止施工过程构筑物浮动，保证工程施工顺利进行。

（2）在水池底板混凝土浇筑完成并达到规定强度时，应及时施作抗浮结构。

二、当构筑物无抗浮设计时，水池施工应采取抗浮措施

（一）下列水池（构筑物）工程施工应采取降水排水措施

（1）受地表水、地下动水压力作用影响的地下结构工程。

（2）采用排水法下沉和封底的沉井工程。

（3）基坑底部存在承压含水层，且经验算基底开挖面至承压含水层顶板之间的土体重力不足以平衡承压水水头压力，需要减压降水的工程。

（二）施工过程降水排水要求

（1）选择可靠的降低地下水位方法，严格进行降水施工，对降水所用机具随时做好保养维护，并有备用机具。

（2）基坑受承压水影响时，应进行承压水降压计算，对承压水降压的影响进行评估。

（3）降水排水应输送至抽水影响半径范围以外的河道或排水管道，并防止环境水源进入施工基坑。

（4）在施工过程中不得间断降水排水，并应对降水排水系统进行检查和维护；构筑物未具备抗浮条件时，严禁停止降水排水。

三、当构筑物无抗浮设计时，雨期施工过程必须采取抗浮措施

雨期施工时，基坑内地下水位急剧上升，或外地表水大量涌入基坑，使构筑物的自重小于浮力时，会导致构筑物浮起。施工中常采用的抗浮措施如下：

（1）基坑四周设防汛墙，防止外来水进入基坑；建立防汛组织，强化防汛工作。

（2）构筑物下及基坑内四周埋设排水盲管（盲沟）和抽水设备，一旦发生基坑内积水随即排除。

（3）备有应急供电和排水设施并保证其可靠性。

（4）引入地下水和地表水等外来水进入构筑物，使构筑物内、外无水位差，以减小其浮力，使构筑物结构免于破坏。

1K415000 城市管道工程



1K415000
扫一扫
看本章精讲课
配套章节自测

1K415010 城市给水排水管道工程施工

1K415011 城市排水体制选择

一、我国城市排水体制

我国城市排水系统主要为截流式合流制、分流制或两者并存的混流制排水系统，除干旱地区外，新建地区的排水体制应采用分流制。

在现有城市排水体制下，水环境污染仍较为严重，主要原因有：合流制溢流污染，管道混接，雨水非点源污染严重等。

二、城市新型排水体制

催生新型排水体制发展的主要因素是城市雨水控制利用、中水回用的发展。

新型排水体制指在合流制和分流制中利用源头控制和末端控制技术使雨水渗透、回用、调蓄排放的体制。

对于新型分流制排水系统，强调雨水的源头分散控制与末端集中控制相结合，减少进入城市管网中的径流量和污染物总量，同时提高城市内涝防治标准和雨水资源化回用率。雨水源头控制利用技术有雨水下渗、净化和收集回用技术，末端集中控制技术包括雨水湿地、塘体及多功能调蓄等。

对于新型合流制排水系统，源头雨水控制利用可有效减少合流制溢流频率、溢流水量和溢流污染物总量；通过在合流干管上设置储存池或调蓄池，实现合流制污水的完全处理，合流制溢流首先进入储存池，待雨后送到污水处理厂处理，合流制溢流较大时，超过储存池存储能力的溢流水经过简单处理（如旋流分离、沉淀、消毒）后排放。

三、城市排水体制建设要求

（1）排水工程建设和运行应满足生态安全、环境安全、资源利用安全、生产安全和职业卫生健康安全的要求。

（2）既有合流制排水系统，应综合考虑建设成本、实施可行性和工程效益，经技术经济比较后实施雨水、污水分流改造；暂不具备改造条件的，应根据受纳水体水质目标和水环境容量，确定溢流污染控制目标，并采取综合措施，控制溢流污染。

（3）排水工程应包括雨水系统和污水系统。

（4）分流制排水系统应分别设置雨水管渠和污水管道，不得混接、误接；合流制排水系统应明确服务范围并设置合流污水管道接纳服务范围内的雨水和污水。

（5）雨水系统应落实海绵城市建设理念，优先利用源头减排设施降低雨水径流量和污染物。根据受纳水体水环境容量合理设置截流调蓄设施，其规模应与下游污水系统的输送和处理能力相匹配。

1K415012 开槽管道施工技术

开槽铺设预制成品管是目前国内外地下管道工程施工的主要方法。

一、沟槽施工方案

（一）主要内容

（1）对有地下水影响的土方施工应编制施工降水排水方案。

（2）沟槽施工平面布置图及开挖断面图。

（3）沟槽形式、开挖方法及堆土要求。

（4）无支护沟槽的边坡要求；有支护沟槽的支撑形式、结构、支拆方法及安全措施。

（5）施工设备机具的型号、数量及作业要求。

（6）不良土质地段沟槽开挖时采取的护坡和防止沟槽坍塌的安全技术措施。

（7）施工安全、文明施工、沿线管线及构（建）筑物保护要求等。

（二）确定沟槽底部开挖宽度

（1）沟槽底部的开挖宽度应符合设计要求。

（2）当设计无要求时，可按经验公式计算确定：

$$B = D_o + 2\times(b_1 + b_2 + b_3) \qquad (1K415012)$$

式中 B——管道沟槽底部的开挖宽度（mm）；

D_o——管道外径（mm）；

b_1——管道一侧的工作面宽度（mm），可按表 1K415012-1 选取；

b_2——有支撑要求时，管道一侧的支撑厚度，可取 150～200mm；

b_3——现场浇筑混凝土或钢筋混凝土管渠一侧模板厚度（mm）。

管道一侧的工作面宽度　　表 1K415012-1

管道外径 D_o（mm）	管道一侧的工作面宽度 b_1（mm）		
	混凝土类管道		金属类管道、化学建材管道
$D_o \leqslant 500$	刚性接口	400	300
	柔性接口	300	
$500 < D_o \leqslant 1000$	刚性接口	500	400
	柔性接口	400	
$1000 < D_o \leqslant 1500$	刚性接口	600	500
	柔性接口	500	
$1500 < D_o \leqslant 3000$	刚性接口	800～1000	700
	柔性接口	600	

注：① 槽底须设排水沟时，b_1 应适当增加。

② 管道有现场施工的外防水层时，b_1 宜取 800mm。

③ 采用机械回填管道侧面时，b_1 需满足机械作业的宽度要求。

（三）确定沟槽边坡

（1）当地质条件良好、土质均匀、地下水位低于沟槽底面高程，且开挖深度在5m以内、沟槽不设支撑时，沟槽边坡最陡坡度应符合表1K415012-2的规定。

深度在5m以内的沟槽边坡的最陡坡度　　表1K415012-2

土的类别	边坡坡度（高：宽）		
	坡顶无荷载	坡顶有静载	坡顶有动载
中密的砂土	1：1.00	1：1.25	1：1.50
中密的碎石类土（充填物为砂土）	1：0.75	1：1.00	1：1.25
硬塑的粉土	1：0.67	1：0.75	1：1.00
中密的碎石类土（充填物为黏性土）	1：0.50	1：0.67	1：0.75
硬塑的粉质黏土、黏土	1：0.33	1：0.50	1：0.67
老黄土	1：0.10	1：0.25	1：0.33
软土（经井点降水后）	1：1.25	—	—

（2）当沟槽无法自然放坡时，边坡应有支护设计，并应计算每侧临时堆土或施加的其他荷载，进行边坡稳定性验算。

二、沟槽开挖与支护

（一）分层开挖及深度

（1）人工开挖沟槽的槽深超过3m时应分层开挖，每层的深度不超过2m。

（2）人工开挖多层沟槽的层间留台宽度：放坡开槽时不应小于0.8m；直槽时不应小于0.5m；安装井点设备时不应小于1.5m。

（3）采用机械挖槽时，沟槽分层的深度按机械性能确定。

（二）沟槽开挖规定

（1）槽底原状地基土不得扰动，机械开挖时槽底预留200～300mm土层，由人工开挖至设计高程，整平。

（2）槽底不得受水浸泡或受冻，槽底局部扰动或受水浸泡时，宜采用天然级配砂砾石或石灰土回填；槽底扰动土层为湿陷性黄土时，应按设计要求进行地基处理。

（3）槽底土层为杂填土、腐蚀性土时，应全部挖除并按设计要求进行地基处理。

（4）槽壁平顺，边坡坡度符合施工方案的规定。

（5）在沟槽边坡稳固后设置供施工人员上下沟槽的安全梯。

（三）支撑与支护

（1）采用木撑板支撑和钢板桩，应经计算确定撑板构件的规格尺寸；其他形式支护见本书1K413022条。

（2）撑板支撑应随挖土及时安装。每根横梁或纵梁不得少于2根横撑。横撑的水平间距宜为1.5～2m，垂直间距不宜大于1.5m。

（3）在软土或其他不稳定土层中采用横排撑板支撑时，开始支撑的沟槽开挖深度不得超过1.0m；开挖与支撑交替进行，每次交替的深度宜为0.4～0.8m。

（4）支撑应经常检查，当发现支撑构件有弯曲、松动、移位或劈裂等迹象时，应及时

处理；雨期及春季解冻时期应加强检查。

（5）拆除支撑前，应对沟槽两侧的建筑物、构筑物和槽壁进行安全检查，并应制定拆除支撑的作业要求和安全措施。

（6）施工人员应由安全梯上下沟槽，不得攀登支撑。

（7）拆除撑板应制定安全措施，配合回填交替进行。

（8）钢板桩拔除后应及时回填桩孔且填实。采用灌砂回填时，非湿陷性黄土地区可冲水助沉；有地面沉降控制要求时，宜采取边拔桩边注浆等措施。

三、地基处理、安管与防腐

（一）地基处理

（1）管道地基应符合设计要求，管道天然地基的强度不能满足设计要求时应按设计要求加固。

（2）槽底局部超挖或发生扰动时，超挖深度不超过150mm时，可用挖槽原土回填夯实，其压实度不应低于原地基土的密实度；槽底地基土壤含水量较大，不适于压实时，应采取换填等有效措施。

（3）排水不良造成地基土扰动时，扰动深度在100mm以内，宜填天然级配砂石或砂砾处理；扰动深度在300mm以内，但下部坚硬时，宜填卵石或块石，并用砾石填充空隙并找平表面。

（4）设计要求换填时，应按要求清槽，并经检查合格；回填材料应符合设计要求或有关规定。

（5）柔性管道地基处理宜采用砂桩、搅拌桩等复合地基。

（6）灰土地基、砂石地基和粉煤灰地基施工前必须按本条三、（一）（1）规定执行。

（7）岩石地基局部超挖时，应将基底碎渣全部清理，回填低强度等级混凝土或回填粒径10～15mm的砂石并夯实。

（8）原状地基为岩石或坚硬土层时，管道下方应铺设砂垫层，其厚度应符合表1K415012-3的规定。

砂垫层厚度 **表1K415012-3**

管道种类／管道外径（mm）	砂垫层厚度（mm）		
	$D_o \leq 500$	$500 < D_o \leq 1000$	$D_o > 1000$
柔性管道	≥100	≥150	≥200
柔性接口的刚性管道	150～200		

（9）非永冻土地区，管道不得铺设在冻结的地基上；管道安装过程中，应防止地基冻胀。

（二）安管

（1）管节及管件下沟前准备工作。管节、管件下沟前，必须对管节外观质量进行检查，排除缺陷，以保证接口安装的密封性。

（2）采用法兰和胶圈接口时，安装应按照施工方案严格控制上、下游管道接装长度、中心位移偏差及管节接缝宽度和深度。

（3）采用焊接接口时，两端管的环向焊缝处齐平，内壁错边量不宜超过管壁厚度的

20%，且不得大于2mm。管道任何位置不得有十字形焊缝。

（4）采用电熔连接、热熔连接接口时，应选择在当日温度较低或接近最低时进行；电熔连接、热熔连接时电热设备的温度控制、时间控制，挤出焊接时对焊接设备的操作等，必须严格按接头的技术指标和设备的操作程序进行；接头处应有沿管节圆周平滑对称的内、外翻边；接头检验合格后，内翻边宜铲平。

（5）金属管道应按设计要求进行内外防腐施工和施作阴极保护工程。

（6）管道安装时管道内外和接口处应清洁（无污物），安装过程中应严防施工碎屑落入管中，管道接口不得设置在套管内，施工中断和结束后应对敞口部位采取临时封堵措施。

（7）平口混凝土排水管（含钢筋混凝土管）不得用于住宅小区、企事业单位和市政管网用的埋地排水工程。

（三）钢管防腐

管道的内、外防腐层宜在工厂内完成，通常采用水泥砂浆或液体环氧涂料作为管道内防腐层；采用聚乙烯层、石油沥青涂料、环氧煤沥青涂料、环氧树脂玻璃钢或聚氨酯（PU）涂层作为管道外防腐层。

（1）使用聚乙烯防腐层作为钢管外防腐层时应注意：

1）防腐层所有原材料均应有出厂质量证明书及检验报告、使用说明书、安全数据单、出厂合格证、生产日期及有效期。环氧粉末涂料供应商应提供产品的热特性曲线等资料。

2）防腐层的各种原材料均应包装完好，应按产品说明书的要求存放。

3）每种牌（型）号的环氧粉末涂料、胶粘剂以及聚乙烯专用料，在使用前均应由通过国家计量认证的检验机构进行检测，性能检测结果达到相关标准规定要求的材料方可使用。

（2）使用液体环氧涂料防腐层作为钢管内防腐层时应注意：

1）管道内防腐层的涂敷施工应按涂料生产商推荐的做法进行。宜使用无气喷涂工艺或离心式涂敷工艺。

2）涂敷操作钢管温度应高于露点温度3℃以上，且应控制在涂料生产商推荐的范围内。混合涂料的温度不应低于10℃。

3）钢管内防腐层涂敷施工时，应在涂料生产商推荐的涂敷温度范围内对涂料、钢管及管件进行预热。

4）当环境相对湿度大于85%时，应对钢管除湿后方可作业。严禁在雨、雪、雾及风沙等气候条件下露天作业。

四、沟槽回填

（一）通用规定

（1）压力管道水压试验前，除接口外，管道两侧及管顶以上回填高度不应小于0.5m；水压试验合格后，应及时回填沟槽的其余部分；无压管道在闭水或闭气试验合格后应及时回填。

（2）沟槽内杂物清除干净、无积水、不得带水回填。

（3）井室、雨水口及其他附属构筑物周围回填应与管道沟槽回填同时进行，构筑物周围回填压实时应沿井室中心对称进行。

（4）回填土的含水量，宜按土类和采用的压实工具控制在最佳含水率 ±2% 范围内。

（5）每层回填土的虚铺厚度，应根据所采用的压实机具按表 1K415012-4 的规定选取。

每层回填土的虚铺厚度　　表 1K415012-4

压实机具	虚铺厚度（mm）
木夯、铁夯	≤ 200
轻型压实设备	200～250
压路机	200～300
振动压路机	≤ 400

（二）刚性管道沟槽回填的压实作业应符合下列规定

（1）管道两侧和管顶以上 500mm 范围内胸腔夯实，应采用轻型压实机具，管道两侧压实面的高差不应超过 300mm。

（2）分段回填压实时，相邻段的接槎应呈台阶形。采用轻型压实设备时，应夯夯相连；采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm。

（三）柔性管道回填

（1）回填前，检查管道有无损伤或变形，有损伤的管道应修复或更换。

（2）管内径大于 800mm 的柔性管道，回填施工时应在管内设有竖向支撑。

（3）管道半径以下回填时应采取防止管道上浮、位移的措施。

（4）沟槽回填从管底基础部位开始到管顶以上 500mm 范围内，必须采用人工回填；管顶 500mm 以上部位，可用机械从管道轴线两侧同时夯实；每层回填高度应不大于 200mm。

（5）柔性管道回填至设计高程时，应在 12～24h 内测量并记录管道变形率，管道变形率应符合设计要求。

1K415013　不开槽管道施工技术

不开槽管道施工方法是相对于开槽管道施工方法而言，市政公用工程常用的不开槽管道施工方法有盾构法、浅埋暗挖法、顶管法、地表式水平定向钻法、夯管法等。

一、方法选择与设备选型依据

（1）工程设计文件和项目合同：

施工单位应按中标合同文件和设计文件进行具体方法和设备的选择。

（2）工程详勘资料：

1）开工前施工单位应仔细核对建设单位提供的工程勘察报告，进行现场沿线的调查；必要时对已有地下管线和构筑物应进行人工挖探孔（通称坑探）确定其准确位置，以免施工造成损坏。

2）在掌握工程地质、水文地质及周围环境情况和资料的基础上，正确选择施工方法和设备选型。

（3）可供借鉴的施工经验和可靠的技术数据。

二、施工方法与适用条件

（1）施工方法与设备分类见图 1K415013。

（2）不开槽施工法与适用条件见表 1K415013。

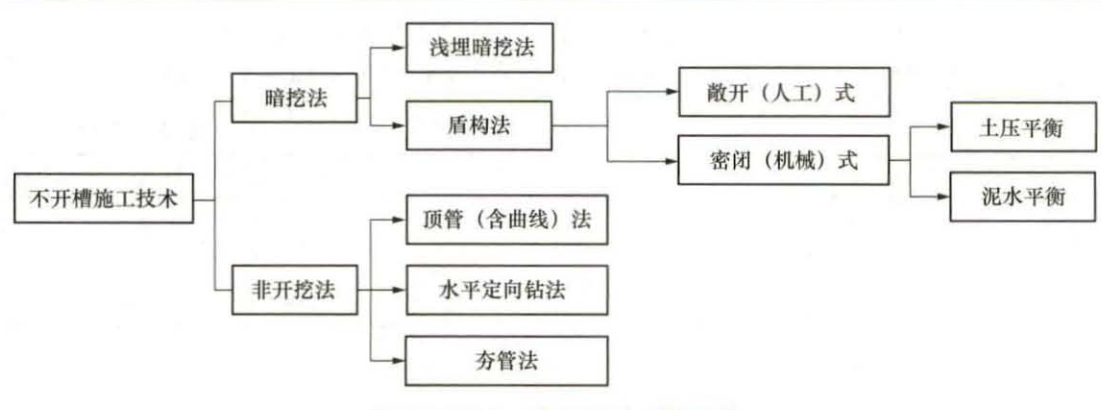


图 1K415013 施工方法与设备分类

不开槽施工方法与适用条件 表 1K415013

施工工法	密闭式顶管	盾　构	浅埋暗挖	水平定向钻	夯　管
工法优点	施工精度高	施工速度快	适用性强	施工速度快	施工速度快、成本较低
工法缺点	施工成本高	施工成本高	施工速度慢、施工成本高	控制精度低	控制精度低
适用范围	给水排水管道、综合管道	给水排水管道、综合管道	给水排水管道、综合管道	柔性管道	钢管
适用管径（mm）	ϕ300～ϕ4000	ϕ3000 以上	ϕ1000 以上	ϕ300～ϕ1000	ϕ200～ϕ1800
施工精度	小于 ±50mm	不可控	小于或等于 30mm	不超过 0.5 倍管道内径	不可控
施工距离	较长	长	较长	较短	短
适用地质条件	各种土层	除硬岩外的相对均质地层	各种土层	砂卵石及含水地层不适用	含水地层不适用、砂卵石地层困难

三、施工方法与设备选择的有关规定

（1）顶管顶进方法的选择，应根据工程设计要求、工程水文地质条件、周围环境和现场条件，经技术经济比较后确定，并应符合下列规定：

1）采用敞口式（手掘式）顶管机时，应将地下水位降至管底以下不小于 0.5m 处，并应采取措施，防止其他水源进入顶管的管道。

2）当周围环境要求控制地层变形或无降水条件时，宜采用封闭式的土压平衡或泥水平衡顶管机施工；目前城市改（扩）建给水排水管道工程多数采用顶管法施工，机械顶管技术获得了飞跃性发展。

3）穿越建（构）筑物、铁路、公路、重要管线和防汛墙等时，应制定相应的保护措施；根据工程设计、施工方法、工程和水文地质条件，对邻近建（构）筑物、管线，采用土体加固或其他有效的保护措施。

4）小口径的金属管道，当无地层变形控制要求且顶力满足施工要求时，可采用一次顶进的挤密土层顶管法。

（2）盾构机选型，应根据工程设计要求（管道的外径、埋深和长度）、工程水文地质

条件、施工现场及周围环境安全等要求，经技术经济比较确定；盾构法施工用于给水排水主干管道工程，直径一般在 3000mm 以上。

（3）浅埋暗挖施工方案的选择，应根据工程设计（隧道断面和结构形式、埋深、长度）、工程水文地质条件、施工现场和周围环境安全等要求，经过技术经济比较后确定。在城区地下障碍物较复杂地段，采用浅埋暗挖法施工管（隧）道是较好的选择。

（4）定向钻机的回转扭矩和回拖力应根据终孔孔径、轴向曲率半径、管道长度，结合工程水文地质和现场周围环境条件，经过技术经济比较综合考虑后确定，并应有一定的安全储备；导向探测仪的配置应根据定向钻机类型、穿越障碍物类型、探测深度和现场探测条件选用。定向钻机在以较大埋深穿越道路桥涵的长距离地下管道的施工中会表现出优越之处。

（5）夯管锤的锤击力应根据管径、钢管力学性能、管道长度，结合工程地质、水文地质和周围环境条件，经过技术经济比较后确定，并应有一定的安全储备；夯管法在特定场所有其优越性，适用于城镇区域下穿较窄道路的地下管道施工。

四、设备施工安全有关规定

（1）施工设备、装置应满足施工要求，并符合下列规定：

1）施工设备、主要配套设备和辅助系统安装完成后，应经试运行及安全性检验，合格后方可掘进作业。

2）操作人员应经过培训，掌握设备操作要领，熟悉施工方法、各项技术参数，考试合格方可上岗。

3）管（隧）道内涉及的水平运输设备、注浆系统、喷浆系统以及其他辅助系统应满足施工技术要求和安全、文明施工要求。

4）施工供电应设置双路电源，并能自动切换；动力、照明应分路供电，作业面移动照明应采用低压供电。

5）采用顶管、盾构、浅埋暗挖法施工的管道工程，应根据管（隧）道长度、施工方法和设备条件等确定管（隧）道内通风系统模式；设备供排风能力、管（隧）道内人员作业环境等还应满足国家有关标准规定。

6）采用起重设备或垂直运输系统：

① 起重设备必须经过起重荷载计算。

② 使用前应按有关规定进行检查验收，合格后方可使用。

③ 起重作业前应试吊，吊离地面 100mm 左右时，应检查重物捆扎情况和制动性能，确认安全后方可起吊；起吊时工作井内严禁站人，当吊运重物下井距作业面底部小于 500mm 时，操作人员方可近前工作。

④ 严禁超负荷使用。

⑤ 工作井上、下作业时必须有联络信号。

7）所有设备、装置在使用中应按规定定期检查、维修和保养。

（2）监控测量：

施工中应根据设计要求、工程特点及有关规定，对管（隧）道沿线影响范围内的地表或地下管线等建（构）筑物设置观测点，进行监控测量。监控测量的信息应及时反馈，以指导施工，发现问题及时处理。

1K415014 管道功能性试验

给水排水管道功能性试验包括压力管道的水压试验、无压管道的严密性试验。

一、压力管道的水压试验

（一）基本规定

（1）分为预试验和主试验阶段；试验合格的判定依据分为允许压力降值和允许渗水量值，按设计要求确定。设计无要求时，应根据工程实际情况，选用其中一项值或同时采用两项值作为试验合格的最终判定依据。

（2）水压试验进行实际渗水量测定时，宜采用注水法进行。

（3）管道采用两种（或两种以上）管材时，宜按不同管材分别进行试验；不具备分别试验的条件必须组合试验，且设计无具体要求时，应采用不同管材的管段中试验控制最严的标准进行试验。

（4）大口径球墨铸铁管、玻璃钢管、预应力钢筒混凝土管或预应力混凝土管等管道单口水压试验合格，且设计无要求时，可免去预试验阶段，而直接进行主试验阶段。

（5）管道的试验长度：

1）除设计有要求外，水压试验的管段长度不宜大于 1.0km。

2）对于无法分段试验的管道，应由工程有关方面根据工程具体情况确定。

（6）给水管道必须水压试验合格，并网运行前进行冲洗与消毒，经检验水质达标后，方可允许并网通水投入运行。

（二）管道试验方案与准备工作

1．试验方案

主要内容包括：后背及堵板的设计；进水管路、排气孔及排水孔的设计；加压设备、压力计的选择及安装的设计；排水疏导措施；升压分级的划分及观测制度的规定；试验管段的稳定措施和安全措施。

2．准备工作

（1）试验管段所有敞口应封闭，不得有渗漏水现象。开槽施工管道顶部回填高度不应小于 0.5m，宜留出接口位置以便检查渗漏处。

（2）试验管段不得用闸阀做堵板，不得含有消火栓、水锤消除器、安全阀等附件。

（3）水压试验前应清除管道内的杂物。

（4）应做好水源引接、排水等疏导方案。

3．管道内注水与浸泡

（1）应从下游缓慢注入，注入时在试验管段上游的管顶及管段中的高点应设置排气阀，将管道内的气体排除。

（2）试验管段注满水后，宜在不大于工作压力条件下充分浸泡后再进行水压试验，浸泡时间规定：

1）球墨铸铁管（有水泥砂浆衬里）、钢管（有水泥砂浆衬里）、化学建材管不少于 24h。

2）内径大于 1000mm 的现浇钢筋混凝土管渠、预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管不少于 72h。

3）内径小于1000mm的现浇钢筋混凝土管渠、预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管不少于48h。

（三）试验过程与合格判定

1. 预试验阶段

将管道内水压缓缓地升至规定的试验压力并稳压30min，期间如有压力下降可注水补压，补压不得高于试验压力；检查管道接口、配件等处有无漏水、损坏现象；有漏水、损坏现象时应及时停止试压，查明原因并采取相应措施后重新试压。

2. 主试验阶段

停止注水补压，稳定15min；15min后压力下降不超过所允许压力下降数值时，将试验压力降至工作压力并保持恒压30min，进行外观检查若无漏水现象，则水压试验合格。

二、无压管道的严密性试验

（一）基本规定

（1）污水、雨污水合流管道及湿陷土、膨胀土、流砂地区的雨水管道，必须经严密性试验合格后方可投入运行。

（2）管道的严密性试验分为闭水试验和闭气试验，应按设计要求确定；设计无要求时，应根据实际情况选择闭水试验或闭气试验。

（3）全断面整体现浇的钢筋混凝土无压管道处于地下水位以下时，或不开槽施工的内径大于或等于1500mm钢筋混凝土结构管道，除达到设计要求外，管渠的混凝土强度等级、抗渗等级也应检验合格，可采用内渗法测渗水量，符合规范要求时，可不必进行闭水试验。

（4）设计无要求且地下水位高于管道顶部时，可采用内渗法测渗水量；渗漏水量测定方法按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008附录F的规定进行。

（5）管道的试验长度：

1）试验管段应按井距分隔，带井试验；若条件允许可一次试验不超过5个连续井段。

2）当管道内径大于700mm时，可按管道井段数量抽样选取1/3进行试验；试验不合格时，抽样井段数量应在原抽样基础上加倍进行试验。

（二）管道试验方案与准备工作

1. 试验方案

同水压试验。

2. 闭水试验准备工作

（1）管道及检查井外观质量已验收合格。

（2）开槽施工管道未回填土且沟槽内无积水。

（3）全部预留孔应封堵，不得渗水。

（4）管道两端堵板承载力经核算应大于水压力的合力；除预留进出水管外，应封堵坚固，不得渗水。

（5）顶管施工，其注浆孔封堵且管口按设计要求处理完毕，地下水位于管底以下。

（6）应做好水源引接、排水疏导等方案。

3. 闭气试验

（1）适用于混凝土类的无压管道在回填土前进行的严密性试验。

（2）闭气试验时，地下水位应低于管外底 150mm，环境温度为 −15～50℃。

（3）下雨时不得进行闭气试验。

4. 管道内注水与浸泡

试验管段灌满水后浸泡时间不应少于 24h。

（三）试验过程与合格判定

1. 闭水试验

（1）试验段上游设计水头不超过管顶内壁时，试验水头应以试验段上游管顶内壁加 2m 计。试验段上游设计水头超过管顶内壁时，试验水头应以试验段上游设计水头加 2m 计；计算出的试验水头小于 10m，但已超过上游检查井井口时，试验水头应以上游检查井井口高度为准。

（2）从试验水头达规定水头开始计时，观测管道的渗水量，直至观测结束，应不断地向试验管段内补水，保持试验水头恒定。渗水量的观测时间不得小于 30min，渗水量不超过允许值试验合格。

2. 闭气试验

（1）将进行闭气试验的排水管道两端用管堵密封，然后向管道内填充空气至一定的压力，在规定闭气时间测定管道内气体的压降值。

（2）管道内气体压力达到 2000Pa 时开始计时，满足该管径的标准闭气时间规定时，计时结束，记录此时管内实测气体压力 P，如 $P \geqslant 1500$Pa 则管道闭气试验合格，反之为不合格。管道闭气试验不合格时，应进行漏气检查，修补后复检。

被检测管道内径大于或等于 1600mm 时，应记录测试时管内气体温度的起始值及终止值，计算出管内气压降的修正值 ΔP，$\Delta P < 500$Pa 时，闭气试验合格。

1K415015 砌筑沟道施工技术

给水排水工程中砌筑结构的构筑物，主要是沟道（管渠）、工艺井、闸井和检查井等。

一、基本要求

（1）地下水位较高的地区及污水检查井禁止使用砖砌井，应采用钢筋混凝土现浇工艺或一体式（装配式）成品检查井。

（2）砌筑前应检查地基或基础，确认其中线高程、基坑（槽）应符合规定，地基承载力符合设计要求，并按规定验收。

（3）砌筑前砌块（砖、石）应充分湿润；砌筑砂浆配合比符合设计要求，强度等级不低于 M10，现场拌制应采用机械拌合均匀、随用随拌；砌筑应立皮数杆、样板挂线控制水平与高程。砌筑应采用满铺满挤法。砌体应上下错缝、内外搭砌、丁顺规则有序。

（4）砌筑砂浆应饱满，砌缝应均匀不得有通缝或瞎缝，且表面平整。

（5）砌体的沉降缝、变形缝、止水缝应位置准确、砌体平整、砌体垂直贯通，缝板、止水带安装正确，沉降缝、变形缝应与基础的沉降缝、变形缝贯通。

（6）砌筑结构管渠宜按变形缝分段施工，砌筑施工需间断时，应预留阶梯形斜槎；接砌时，应将斜槎冲净并铺满砂浆，墙转角和交接处应与墙体同时砌筑。

（7）采用混凝土砌块砌筑拱形管渠或管渠的弯道时，宜采用楔形或扇形砌块；当砌体垂直灰缝宽度大于 30mm 时，应采用细石混凝土灌实，混凝土强度等级不应小于 C20。

（8）砌筑后的砌体应及时进行养护，并不得遭受冲刷、振动或撞击。

二、砌筑施工要点

（一）变形缝施工

（1）变形缝内应清除干净，两侧应涂刷冷底子油一道。

（2）缝内填料应填塞密实。

（3）灌注沥青等填料应待灌注底板缝的沥青冷却后，再灌注墙缝，并应连续灌满灌实。

（4）缝外墙面铺贴沥青卷材时，应将底层抹平，铺贴平整，不得有壅包现象。

（二）砖砌拱圈

（1）拱胎的模板尺寸应符合施工设计要求，并留出模板伸胀缝，板缝应严实平整。

（2）拱胎的安装应稳固，高程准确，拆装简易。

（3）砌筑前，拱胎应充分湿润，冲洗干净，并均匀涂刷隔离剂。

（4）砌筑应自两侧向拱中心对称进行，灰缝匀称，拱中心位置正确，灰缝砂浆饱满严密。

（5）应采用退槎法砌筑，每块砌块退半块留槎，拱圈应在24h内封顶，两侧拱圈之间应满铺砂浆，拱顶上不得堆置器材。

（三）反拱砌筑

（1）砌筑前，应按设计要求的弧度制作反拱的样板，沿设计轴线每隔10m设一块。

（2）根据样板挂线，先砌中心的一列砖、石，并找准高程后接砌两侧，灰缝不得凸出砖面，反拱砌筑完成后，应待砂浆强度达到设计抗压强度的75%后，方可踩压。

（3）反拱表面应光滑平顺，高程允许偏差应为±10mm。

（4）拱形管渠侧墙砌筑完毕，并经养护后，在安装拱胎前，两侧墙外回填土时，墙内应采取措施，保持墙体稳定。

（5）当砂浆强度达到设计抗压强度标准值的75%后，方可在无振动条件下拆除拱胎。

（四）圆井砌筑

（1）排水管道检查井的混凝土基础应与管道基础同时浇筑，检查井的流槽宜与井壁同时进行砌筑。

（2）砌块应垂直砌筑；收口砌筑时，应按设计要求的位置设置钢筋混凝土梁；圆井采用砌块逐层砌筑收口时，四面收口的每层收进不应大于30mm，偏心收口的每层收进不应大于50mm。

（3）砌块砌筑时，铺浆应饱满，灰浆与砌块四周粘结紧密、不得漏浆，上下砌块应错缝砌筑。

（4）砌筑时应同时安装踏步，踏步安装后在砌筑砂浆未达到规定抗压强度等级前不得踩踏。

（5）内外井壁应采用水泥砂浆勾缝；有抹面要求时，抹面应分层压实。

1K415016　给水排水管网维护与修复技术

一、城市管道维护

（一）城市管道巡视检查

（1）管道巡视检查内容包括管道漏点监测、地下管线定位监测、管道变形检查、管道

腐蚀与结垢检查、管道附属设施检查、管网介质的质量检查等。

（2）管道检查主要方法包括人工检查法、自动监测法、分区检测法、区域泄漏普查系统法等。检测手段包括探测雷达、声呐、红外线检查、闭路监视系统（CCTV）等方法及仪器设备。

（二）城市管道抢修

（1）不同种类、不同材质、不同结构管道抢修方法不尽相同，如钢管多为焊缝开裂或腐蚀穿孔，一般可用补焊或盖压补焊的方法修复；预应力钢筋混凝土管采用补麻、补灰后再用卡盘压紧固定；若管身出现裂缝，可视裂缝大小采用两合揣袖或更换铸铁管或钢管，两端与原管采用转换接口连接。

（2）各种水泵、闸阀等管道附属设施也要根据其使用情况定期进行巡查，发现问题及时进行维修与更换。对管网系统的调度系统中的所有设备和监测仪表也应遵照规定的工况和运行规律正确操作和保养。

（3）对管道检查、清通、更新、修复等维护中产生的大量数据要进行细致系统的处理，做好存档管理，以便为管网系统正常工作提供基础信息和保障。城市和有条件的建制镇，雨水管渠和污水管道应建立地理信息系统，并进行动态更新。

（三）管道维护安全防护

（1）养护人员必须接受安全技术培训，考核合格后方可上岗。

（2）路面作业时，维护作业区域应设置安全警示标志，维护人员应穿戴配有反光标志的安全警示服。作业完毕，应及时清除障碍物。

（3）作业人员必要时可戴上防毒面具、防水衣、防护靴、防护手套、安全帽等，穿上系有绳子的防护腰带，配备无线通信工具和安全灯等。

（4）下井作业前，应对管道（渠）进行强制通风，并应持续检测管道内有毒有害和爆炸性气体浓度，并确保管道内水深、流速等满足人员进入安全要求。

（5）针对管网维护可能产生的气体危害和病菌感染等危险源，在评估基础上，采取有效的安全防护措施和预防措施，作业区和地面设专人值守，确保人身安全。

二、管道修复与更新

（一）局部修补

（1）局部修补是在基本完好的管道上纠正缺陷和降低管道的渗漏量等。当管道的结构完好，仅有局部缺陷（裂隙或接头损坏）时，可考虑使用局部修补。

（2）局部修补要求解决的问题包括：

1）提供附加的结构性能，以有助于受损坏管承受结构荷载。

2）提供防渗的功能。

3）能代替遗失的管段等。

局部修补主要用于管道内部的结构性破坏以及裂纹等的修复。目前，进行局部修补的方法很多，主要有密封法、补丁法、铰接管法、局部软衬法、灌浆法、机器人法等。

（二）全断面修复

1. 内衬法

传统的内衬法也称为插管法，是采用比原管道直径小或等径的化学建材管插入原管道内，在新、旧管之间的环形间隙内灌浆，予以固结，形成一种管中管的结构，从而使化学

建材管的防腐性能和原管材的机械性能合二为一，改善工作性能。该法适用于管径60～2500mm、管线长度600m以内的各类管道的修复。化学建材管材主要有醋酸－丁酸纤维素（CAB）、聚氯乙烯（PVC）、PE管等。此法施工简单、速度快、可适应大曲率半径的弯管，但存在管道断面受损失较大、环形间隙要求灌浆、一般用于圆形断面管道等缺点。修复给水管道时，采用的内衬管的直径宜为150～1600mm；修复排水管道时，采用的内衬管的直径宜为150～2000mm。

2．缠绕法

缠绕法是借助螺旋缠绕机，将PVC或PE等塑料制成的、带连锁边的加筋条带缠绕在旧管内壁上形成一条连续的管状内衬层。通常，衬管与旧管直径的环形间隙需灌浆。此法适用于管径为50～2500mm，管线长度在300m以内的各种圆形断面管道的结构性或非结构性的修复，尤其是污水管道。其优点是可以长距离施工，施工速度快，适应大曲率半径的弯管和管径的变化，能利用现有检查井，但管道的过流断面会有损失，对施工人员的技术要求较高。

3．喷涂法

喷涂法主要用于管道的防腐处理，也可用于在旧管内形成结构性内衬。施工时，高速回转的喷头在绞车的牵引下，一边后退一边将水泥浆或环氧树脂均匀地喷涂在旧管道内壁上，喷头的后退速度决定喷涂层的厚度。此法适用于管径为75～4500mm、管线长度在150m以内的各种管道的修复。其优点是不存在支管的连接问题，过流断面损失小，可适应管径、断面形状及弯曲度的变化，但树脂固化需要一定的时间，管道严重变形时施工难以进行，对施工人员的技术要求较高。

（三）管道更新

随着城市化快速发展，原有的管道直径有时就会显得太小，不能再满足需要；另外，旧管道也会破损不能再使用，而新管道往往没有新的位置可铺设，这两种情况都需要管道更新。常用的管道更新是指以待更新的旧管道为导向，在将其破碎的同时，将新管拉入或顶入的管道更新技术。这种方法可用相同或稍大直径的新管更换旧管。根据破碎旧管的方式不同，常见的有破管外挤和破管顶进两种方法。

1．破管外挤

破管外挤也称爆管法或胀管法，是使用爆管工具将旧管破碎，并将其碎片挤到周围的土层，同时将新管或套管拉入，完成管道的更换。爆管法的优点是破除旧管和完成新管一次完成，施工速度快，对地表的干扰少；可以利用原有检查井。其缺点是不适合弯管的更换；在旧管线埋深较浅或在不可压密的地层中会引起地面隆起；可能引起相邻管线的损坏；分支管的连接需开挖进行。按照爆管工具的不同，又可将爆管分为气动爆管、液动爆管、切割爆管三种。

气动或液动爆管法一般适用于管径小于1200mm、由脆性材料制成的管，如陶土管、混凝土管、铸铁管等，新管可以是聚乙烯（PE）管、聚丙烯（PP）管、陶土管和玻璃钢管等。新管的直径可以与旧管的直径相同或更大，视地层条件的不同，最大可比旧管大50%。

切割爆管法主要用于更新钢管。这种爆管工具由爆管头和扩张器组成，爆管头上有若干盘片，由它在旧管内划痕，随后扩张器上的刀片将旧管切开，同时将切开后的旧管撑

开，以便将新管拉入。切割爆管法适用于管径 50～150mm、长度 150m 以内的钢管，新管多用 PE 管。

2. 破管顶进

如果管道处于较坚硬的土层，旧管破碎后外挤存在困难，此时可以考虑使用破管顶进法。该法是使用经改进的微型隧道施工设备或其他的水平钻机，以旧管为导向，将旧管连同周围的土层一起切削破碎，形成直径相同或更大直径的孔，同时将新管顶入，完成管线的更新，破碎后的旧管碎片和土由螺旋钻杆排出。

破管顶进法主要用于直径 100～900mm、长度 200m 以内、埋深较大（一般大于 4m）的陶土管、混凝土管或钢筋混凝土管，新管为球墨铸铁管、玻璃钢管、混凝土管或陶土管。该法的优点是对地表和土层无干扰；可在复杂的土层中施工，尤其是含水层；能够更换管线的走向和坡度已偏离的管道；基本不受地质条件限制。其缺点是需开挖两个工作井，地表需有足够大的工作空间。

【案例1K415016】

1. 背景

某公司承担了排水管道维护及其管道修复工程。在维护巡视中发现新建北路下的某段管道是盲端，经公司研究决定于 2010 年 7 月 15 日准备将新建北路的排水管道与已建成的管道井堵口打开连通。公司派新进场的几名临时工人进行该项目作业。首名作业人员打开第一个井盖就立即下井作业，由于管道内涌出大量硫化氢气体，致使该作业人员当场晕倒，地面的 5 名作业人员见状后先后下井救人，也相继晕倒，待消防队员赶来时，已造成 3 人死亡，3 人重伤。

调查中发现：已建成管道为钢筋混凝土管，直径 1550mm，由于年久疏于维护管理，已存在多处局部损坏，其中三个井段由于地面超载等原因造成管道裂缝，经鉴定结构尚可满足承载要求，拟采用全断面修复法实施修复。

2. 问题

（1）第 1 名作业人员的作业程序和随后施救人员的做法是否正确？

（2）造成本次事故的原因有哪些？

（3）三个井段可以采用哪些修复方法？

3. 参考答案

（1）不正确。应在进行检查之前，将进出检查井盖及其上、下游检查井盖打开一段时间，对管道强制通风，并持续检测管道内有毒有害和爆炸性气体浓度，确保管道内水深、流速等满足人员进入安全要求。作业人员未经培训，不懂对井下中毒人员的救助方法和注意事项盲目下井，作业现场又未准备救援器材，致使事故扩大。

（2）造成本次事故的原因包括：原有管道已投入使用，管道井下作业前没有按规定先监测井下有毒气体含量及氧气含量；打通旧管道堵口没有采取安全防范措施，导致作业人员中毒；施救人员不懂对井下中毒人员的救助方法和注意事项盲目下井，作业现场又未准备救援器材，致使事故扩大；派临时工人不经培训就上岗作业，施工现场无专人监管，整个管理处于失控状态。在维护作业之前，必须采取有效的安全防护措施，确保人身安全。

（3）三个井段的修复为全断面修复，可以采用内衬法、缠绕法、喷涂法等方法。

1K415020 城市供热管道工程施工

1K415021 供热管道的分类

随着我国城镇建设的发展，集中供热日渐成为城镇解决工业生产和居民生活供热问题的主要方式。集中供热不仅能给城市提供稳定、可靠的高品位热源，改善人居环境条件，而且能节约能源，降低能耗，减少城市污染，保护生态环境，具有显著的经济效益和社会效益。城镇集中供热系统由热源、供热管网、热用户三部分组成。城镇供热管网是指由热源向热用户输送和分配供热介质的管线系统，具体来说，包括一级管网、供热站、二级管网的整个系统。供热管道一般可以按照热媒种类、所处位置、敷设方式、系统形式、供回方向进行分类。

一、按热媒种类分类（见图1K415021-1）

城镇供热管网按照热媒不同分为蒸汽管网和热水管网，具体技术参数如下：

（1）工作压力小于或等于 1.6MPa，介质设计温度小于或等于 350℃的蒸汽管网。

（2）工作压力小于或等于 2.5MPa，介质设计温度小于或等于 200℃的热水管网。

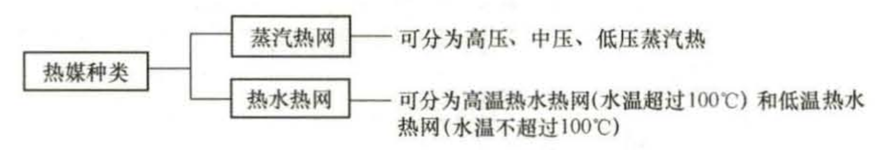


图 1K415021-1 供热管网按热媒分类示意图

二、按所处位置分类（见图1K415021-2）

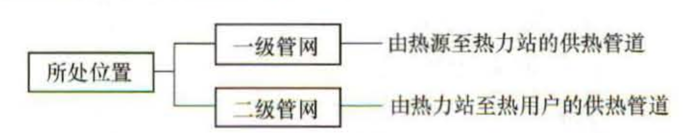


图 1K415021-2 供热管网按所处位置分类示意图

三、按敷设方式分类（见图1K415021-3）



图 1K415021-3 供热管网按敷设方式分类示意图

四、按系统形式分类（见图1K415021-4）

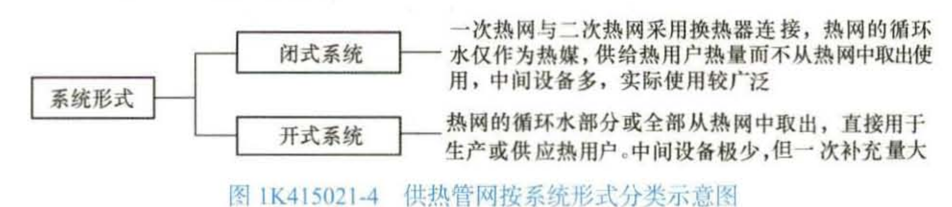


图 1K415021-4 供热管网按系统形式分类示意图

五、按供回方向分类（见图1K415021-5）

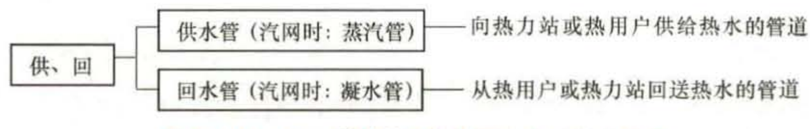


图 1K415021-5 供热管网按供回方向分类示意图

1K415022 供热管道施工与安装要求

一、供热管道敷设与既有建（构）筑物及其他管线的距离要求

（1）地下敷设热力管沟的外表面、直埋敷设热水管道与建筑物、构筑物、道路、铁路、电缆、架空电线和其他管线的最小水平净距、垂直净距要求见表 1K415022-1。供热管道对于植物生长也有一定的影响，因此，不同的管道对其距离也有相应的要求。

地下敷设热力网管道与建（构）筑物或其他管线的最小距离（m） 表 1K415022-1

设施、管道名称			最小水平净距	最小垂直净距
建筑物基础	管沟敷设热力管道		0.5	—
	直埋闭式热水热力管道	$DN \leqslant 250$mm	2.5	—
		$DN \geqslant 300$mm	3.0	—
	直埋开式热水热力管道		5.0	—
铁路钢轨			钢轨外侧 3.0	轨底 1.2
电车钢轨			钢轨外侧 2.0	轨底 1.0
铁路、公路路基边坡底脚或边坡的边缘			1.0	—
通信、照明或 10kV 以下电力线路的电杆			1.0	—
桥墩（高架桥、栈桥）边缘			2.0	—
架空管道支架基础边缘			1.5	—
高压输电线路铁塔基础边缘 35～220kV			3.0	—
通信电缆管块			1.0	0.15
直埋通信电缆（光缆）			1.0	0.15
电力电缆		≤ 35kV	2.0	0.5
		≤ 110kV	2.0	1.0
燃气管道	管沟敷设的热力网管道	燃气压力＜ 0.01MPa	1.0	钢管 0.15 聚乙烯管在上 0.2 聚乙烯管在下 0.3
		燃气压力≤ 0.4MPa	1.5	
		燃气压力≤ 0.8MPa	2.0	
		燃气压力＞ 0.8MPa	4.0	
	直埋敷设的热力网管道	燃气压力≤ 0.4MPa	1.0	钢管 0.15 聚乙烯管在上 0.5 聚乙烯管在下 1.0
		燃气压力≤ 0.8MPa	1.5	
		燃气压力＞ 0.8MPa	2.0	
给水管道			1.5	0.15

续表

设施、管道名称	最小水平净距	最小垂直净距
排水管道	1.5	0.15
压缩空气、二氧化碳管道	1.0	0.15
乙炔、氧气管道	1.5	0.25
地铁	5.0	0.8
电气铁路接触网电杆基础	3.0	—
乔木（中心）	1.5	—
灌木（中心）	1.5	—
车行道路面	—	0.7

注：① 本表不包括水平定向钻法地下敷设热力管网与各建（构）筑物及其他管线之间的距离。
② 本表不包括直埋敷设蒸汽管道与建筑物、其他管线的净距。

（2）直埋敷设供热蒸汽管道与其他设施的最小净距见表1K415022-2，钢外护管真空复合保温管的布置要求同此表。

直埋供热蒸汽管道与其他设施的最小净距（m）　　表1K415022-2

设施、管道名称		最小水平净距	最小垂直净距
给水、排水管道		1.5	0.15
燃气管道（钢）	$P \leqslant 0.4$MPa	1.0	0.15
	$P \leqslant 0.8$MPa	1.5	0.15
	$P > 0.8$MPa	2.0	0.15
压缩空气、二氧化碳管道		1.0	0.15
乙炔、氧气管道		1.5	0.25
易燃、可燃液体管道		1.5	0.30
架空管道管架基础边缘		1.5	—
排水盲沟沟边		1.5	0.50
地铁		5.0	0.80
电气铁路接触电杆基础		3.0	—
道路、铁路路基边坡底脚		1.0	0.70（路面）
铁路		3.0（钢轨）	1.20（轨底）
灌溉渠沟边缘		2.0	—
桥梁支座基础（高架桥、栈桥）		2.0	—
照明、通信电杆中心		1.0	—
建筑物基础边缘	$DN \leqslant 250$mm	3.0	—
	$DN \geqslant 300$mm		
围墙基础边缘		1.0	—
电缆	通信电缆管块	1.0	0.30
	电力电缆	2.0	0.50

续表

设施、管道名称		最小水平净距	最小垂直净距
电缆	电力电缆≤ 110kV	2.0	1.00
架空输电线电杆基础	≤ 1kV	1.0	—
	35～220kV	3.0	—
	330～500kV	5.0	—
乔木或灌木中心		3.0	—

（3）地上架空敷设热力管道与建（构）筑物的最小距离见表 1K415022-3。

地上架空敷设热力管道与建（构）筑物的最小净距（m）　表 1K415022-3

设施、管道名称	最小水平净距	最小垂直净距
铁路钢轨	轨外侧 3.0	一般铁路轨顶 5.5； 电气化铁路轨顶 6.55
有轨电车钢轨	轨外侧 2.0	—
公路边缘	1.5	—
公路路面	—	4.5

注：表中未列出地上架空敷设热力管道与架空输电线缆的距离要求，依供电部门的要求和设计要求敷设。

（4）其他注意事项：

1）不同的标准对净距的要求有所差异，在实际施工过程中，尚应符合相关专业设施、管道的标准要求，同时应尊重其产权单位的意见，当保证净距确有困难时，可以采取必要的措施，经设计单位同意后，按设计文件的要求执行。

2）热力管沟内不得穿过燃气管道，当热力管沟与燃气管道交叉的垂直净距小于 300mm，必须采取可靠措施，防止泄漏的燃气进入管沟。

3）管沟内敷设的热力管道进入建筑物或穿过构筑物时，管道穿墙处应封堵严密。

4）地上敷设的热力管道同架空输电线路或电气化铁路交叉时，管道金属部分和交叉点 5m 范围内钢筋混凝土结构的钢筋应接地，接地电阻不大于 10Ω。

二、供热管道施工准备要求

（一）技术准备

（1）施工单位应在施工前取得设计文件、工程地质和水文地质等资料，组织工程技术人员熟悉施工图纸，进行图纸会审并参加设计交底会。

（2）应根据工程的规模、特点和施工环境条件，进行充分的项目管理策划，并组织编制施工组织设计和施工方案，履行相关的审批手续。危险性较大的分部分项工程施工单位应编制安全专项施工方案。对于超过一定规模的危险性较大分部分项工程，经专家论证通过，并经建设单位和监理单位审批后方可组织施工。

（3）工程开工前应组织施工管理人员踏勘现场，了解工程用地、现场地形、道路交通以及邻近的地上、地下建（构）筑物和各类管线等情况。

（4）根据建设单位提供的地下管线及建（构）筑物资料，组织技术及测量人员对施工影响范围内的建（构）筑物、地下管线等设施状况进行探查，确定与热力管道的位置

关系，与管线产权单位协商加固或拆改移方案。各种保护措施应取得所属单位的同意和配合，给水、排水、燃气、电缆等地下管线及其构筑物应能正常使用，加固后的线杆、树木等应稳固，各相邻建筑物和地上设施在施工中和施工后，不得发生有害沉降、倾斜或塌陷。

（5）调查拟建热力管道相对道路交通的关系，热力管道施工对现状交通有影响时，及时与交通管理部门沟通，编制交通组织方案，经交通管理部门审批后方可组织施工；需要占路掘路施工的，应提前向路政部门申请办理占路掘路手续。

（6）开工前详细了解项目所在地区的气象自然条件情况、场地条件和水文地质情况，有针对性地做好施工平面布置，确保施工顺利进行。

（7）降水施工时，应做好降水监测、环境影响监测和防治工作，保护地下水资源。

（8）开工前需进行安全风险辨识，并制定有针对性的安全风险管控方案和应急预案。

（9）开工前需制定项目环境保护管理措施（包括大气污染防治措施、水体污染防治措施、噪声污染防治措施、固体废弃物污染防治措施等）。

（10）工程开工前应结合工程情况对施工人员进行技术培训。

（二）物资设备准备

（1）全面熟悉合同文件，根据《施工组织设计》编制材料、设备供应计划，优选供应商，并做好订货采购和进场验收工作。根据施工进度，组织好材料、设备、施工机具的进场接收和检验工作。钢管的材质、规格和壁厚等应符合设计要求和现行国家标准的规定。材料的合格证书、质量证明书及复验报告应齐全、完整。属于特种设备的压力管道元件（管道、弯头、三通、阀门等），制造厂家应有相应的特种设备制造资质，其质量证明文件、验收文件应符合特种设备安全监察机构的相关规定。实物、标识应与质量证明文件相符。

（2）阀门应有制造厂的产品合格证。一级管网主干线所用阀门及与一级管网主干线直接相连通的阀门，支干线首端和供热站入口处起关闭、保护作用的阀门及其他重要阀门，应进行强度和严密性试验，合格后方可使用。

（3）施工机械设备维修保养记录及检验资料等齐全有效并经进场检验合格后方可使用。

三、供热管道土建工程施工要求

供热管道土建工程施工方法包括：明挖法、暗挖法、顶套管法、盾构法、定向钻法等。

（1）明挖法沟槽应根据施工现场条件、结构埋深、土质和地下水等因素选择不同的开槽断面，确定槽底宽度、边坡、留台位置等参数。明挖沟槽常用的支护方法有锚喷护壁、土钉墙、排桩等。当地下水位高于槽底时，应采取地下水控制措施，确保沟槽地下水位在基底以下 0.5m。

（2）施工中采用边坡支护时，支护需及时进行，合理设置开挖步距，确保支护结构的有效性。机械开挖时应预留不少于 150mm 厚的原状土，人工清底至设计标高，不得超挖。

（3）沟槽开挖至基底后，地基应由建设、勘察、设计、施工和监理等单位共同验收。对不符合设计要求的地基，由设计或勘察单位提出地基处理意见，施工单位根据其制定处理方案。

（4）暗挖施工方法应根据地质条件、埋深、结构断面及地面环境条件等，经过技术、经济比较后确定，并编制相应的监测方案。暗挖法施工的竖井与隧道连接处应采取加固措

施。当采用台阶法施工时，应在拱部初期支护基本稳定，并在喷射混凝土强度达到设计强度 70% 以上时，方可进行下台阶开挖。隧道相对开挖中，当两个工作面相距 15～20m 时应一端停挖，单向开挖贯通；隧道开挖过程中应进行地质描述并应进行记录，必要时应进行超前地质勘探。开挖面稳定时间不能满足初期支护施工时，应及时对掌子面进行封闭支护。

（5）顶管法施工分为人工顶管及顶管机顶管，顶管机型应根据工程地质、水文情况、施工条件、施工安全、经济性等因素选用。顶管施工的管材不得作为供热管道的工作管。顶管工作坑应设置在便于排水、出土和运输，且易于对地上与地下建（构）筑物采取保护和安全生产措施处。工作坑的支撑应形成封闭式框架，矩形工作坑的四角应加设斜支撑。装配式后背墙可由方木、型钢或钢板等组装。

（6）顶管施工中，应对管线位置、顶管类型、设备规格、顶进推力、顶进措施、接管形式、土质状况、水文状况进行检查。采用人工顶进施工时，钢管接触或切入土层后，应自上而下分层开挖，并在顶进过程中测量中心和高程偏差。钢管进入土层 5m 以内，每顶进 0.3m，测量不得少于 1 次；进入土层 5m 以后，每顶进 1m 应测量 1 次；当纠偏时应增加测量次数。

（7）顶管施工的管材不得作为供热管道的工作管。当顶管施工管材为钢管时，应采用对口双面焊接，在顶进前进行外防腐，顶管完成后应对管材进行内防腐及牺牲阳极防腐保护。

（8）盾构法施工热力管道需在隧道内管道支架等所在位置设置特殊环，特殊环管片在生产中预埋钢板及锚固件。特殊环管片加工中需加强质量控制，确保预埋件的规格、尺寸、锚固长度等满足设计要求，并采取措施保证预埋件周边的混凝土浇筑密实。

（9）盾构掘进中，预先制作特殊环管片布置图，加强掘进中特殊环的定位和拼装质量控制。

（10）定向钻施工不宜用于直接拉进直埋管的施工。施工前应采用地质勘探钻取样或局部开挖的方法，取得定向钻施工路由位置的地下土层分布、地下水位、土壤和水分的酸碱度等资料。

（11）土建结构预制构件的外形尺寸和混凝土强度等级应符合设计要求，构件应有安装方向的标识。预制构件运输、安装时的强度不应小于设计强度的 75%。

（12）防水卷材及其胶粘剂应具有良好的耐水性、耐久性、耐刺穿性、耐腐蚀性及耐菌性；变形缝应使用经检测合格的橡胶止水带，不得使用再生橡胶止水带。

四、供热管道安装施工要求

（一）管道材料与连接要求

城镇供热管网管道应采用无缝钢管、电弧焊或高频焊焊接钢管。管道的规格和钢材的质量应符合设计和规范要求。管道的连接应采用焊接，管道与设备、阀门等连接宜采用焊接，当设备、阀门需要拆卸时，应采用法兰连接。

保证供热安全是管道的基本要求，需要从材料质量、焊接检验和设备检测等方面进行严格控制，保证施工质量。

为保证管道安装工程质量，焊接施工单位应符合下列规定：

（1）应有负责焊接工艺的焊接技术人员、检查人员和检验人员。

（2）应有符合焊接工艺要求的焊接设备且性能应稳定可靠。

（3）应有保证焊接工程质量达到标准的措施。

（二）管道安装前的准备工作

（1）管道安装前，应完成支、吊架的安装及防腐处理。支架的制作质量应符合设计和使用要求，支、吊架的位置应准确、平整、牢固，标高和坡度符合设计规定。管件制作和可预组装的部分宜在管道安装前完成，并经检验合格。

（2）管道的管径、壁厚和材质应符合设计要求，并经验收合格。

（3）对钢管和管件进行除污，对有防腐要求的宜在安装前进行防腐处理。

（4）安装前对中心线和支架高程进行复核。

（三）支架吊架的分类及安装要点

管道的支承结构称为支架，作用是支承管道并限制管道的变形和位移，承受管道的内压力、外载荷及温度变形的弹性力，并传递到支承结构。根据支架对管道的约束作用不同，可分为活动支架和固定支架。

1. 固定支架

固定支架主要用于固定管道，均匀分配补偿器之间管道的伸缩量，保证补偿器正常工作，多设置在补偿器和附件旁。固定支架承受作用力较为复杂，不仅承受管道、附件、管内介质及保温结构的重量，同时还承受管道因温度、压力的影响而产生的轴向伸缩推力和变形应力，并将作用力传递到支承结构。

固定支架必须严格安装在设计位置，位置应正确，埋设平整，与土建结构结合牢固。支架处管道不得有环焊缝，固定支架不得与管道直接焊接固定。固定支架处的固定卡板，只允许与管道焊接，严禁与固定支架结构焊接。

直埋供热管道的折点处应按设计的位置和要求设置钢筋混凝土固定墩，以保证管道系统的稳定性。

2. 活动支架

活动支架的作用是直接承受管道及保温结构的重量，并允许管道在温度作用下，沿管轴线自由伸缩。活动支架可分为：滑动支架、导向支架、滚动支架和悬吊支架等四种形式。

（1）滑动支架：滑动支架是能使管道与支架结构间自由滑动的支架，其主要承受管道及保温结构的重量和因管道热位移摩擦而产生的水平推力。滑动支架形式简单，加工方便，使用广泛。

（2）导向支架：导向支架的作用是使管道在支架上滑动时不致偏离管轴线。一般设置在补偿器、阀门两侧或其他只允许管道有轴向移动的地方。

（3）滚动支架：滚动支架是以滚动摩擦代替滑动摩擦，以减少管道热伸缩时的摩擦力。可分为滚柱支架及滚珠支架两种。

滚柱支架用于直径较大而无横向位移的管道；滚珠支架用于介质温度较高、管径较大而无横向位移的管道。

（4）悬吊支架：可分为普通刚性吊架和弹簧吊架。普通刚性吊架由卡箍、吊杆、支承结构组成，主要用于伸缩性较小的管道，加工、安装方便，能承受管道荷载的水平位移；弹簧吊架适用于伸缩性和振动性较大的管道，形式复杂，在重要场合使用。

3. 支架、吊架制作和安装基本要求

（1）支架和吊架的形式、材质、外形尺寸、制作精度及焊接质量应符合设计要求。组合式弹簧吊架应具有合格证明文件。

（2）焊接在钢管外表面的弧形板应采用模具压制成型，当采用同径钢管切割制作时，应采用模具进行整形，不得有焊缝。

（3）固定支架的混凝土强度达到设计要求后方可与管道固定，并应防止其他外力破坏；滑动支架和导向支架应按设计间距安装；滑动支架顶钢板面高程按管道坡度逐个测量，支座底部找平层应满铺密实；导向支架的导向翼板与支架的间隙应符合设计要求；弹簧支架安装前其底面基层混凝土应达到设计要求。

（4）支架、吊架安装的位置应正确，标高和坡度应符合设计要求，管道支架支撑面的标高可采用加设金属垫板的方式进行调整，但金属垫板不得大于两层，并与预埋钢板或钢结构进行焊接。

（5）固定支架卡板和支架结构接触面应贴实；活动支架的偏移方向、偏移量及导向性能应符合设计要求；弹簧吊架安装高度应按设计要求进行调整，弹簧的临时固定件，应在管道安装、试压、保温完成后拆除。

（6）管道支架、吊架处不应有管道焊缝，导向支架和滑动支架、吊架不得有歪斜和卡涩现象。

（7）支架、吊架焊接不得有漏焊、缺焊、咬边、裂纹等缺陷。当管道与固定支架卡板等焊接时，不得损伤管道母材。

（8）有轴向补偿器的管段，补偿器安装前，管道和固定支架不得进行固定。

（9）有角向型、横向型补偿器的管段应与管道同时进行安装及固定。

（10）无热偏移管道的支架、吊杆应垂直安装。有热位移管道的吊架、吊杆应向热膨胀的反方向偏移。

（四）管沟及地上管道安装施工要点

（1）地上敷设的管道应采取固定措施，管组长度应按空中就位和焊接的需要确定，宜大于或等于2倍支架间距。

（2）管道安装的坡向、坡度应符合设计要求。

（3）管道安装时管件上不得安装、焊接任何附件。

（4）管口对接时，应在距接口两端各200mm处测量管道平直度，允许偏差0～1mm，对接管道的全长范围内，最大偏差值应不超过10mm。对口焊接前，应重点检验坡口质量、对口间隙、错边量、纵焊缝位置等。坡口表面应整齐、光洁，不得有裂纹、锈皮、熔渣和其他影响焊接质量的杂物。不合格的管口应进行修整。管道任何位置不得有十字形焊缝。

（5）管道穿过基础、墙体、楼板处，应安装套管，管道的焊口及保温接口不得置于墙壁中和套管中，套管与管道之间的空隙应用柔性材料填塞。当穿墙时，套管的两侧与墙面的距离应大于20mm；当穿楼板时，套管高出楼板面的距离应大于50mm。

（6）当管道开孔焊接分支管道时，管内不得有残留物，且分支管伸入主管内壁长度不得大于2mm。当设计无要求时，套管直径应比保温管道外径大50mm，位于套管内的管道保温层外壳应做保护层。

（7）电焊焊接有坡口的钢管和管件时，焊接层数不得少于两层。管道的焊接顺序和方法，不得产生附加应力。每层焊完后，清除熔渣、飞溅物，并进行外观检查，发现缺陷，铲除重焊。不合格的焊接部位，应采取措施返修。同一焊缝的返修次数不得大于两次。

（8）采用偏心异径管（大小头）时，蒸汽管道的变径应管底相平（俗称底平）安装在水平管路上，以便于排出管内冷凝水；热水管道变径应管顶相平（俗称顶平）安装在水平管路上，以利于排出管内空气。

（9）管道和设备标识应包括名称、规格、型号、介质、流向等信息；管沟应在检查室内标明下一个出口的方向、距离；检查室应在井盖下方的人孔壁上安装安全标识。

（五）预制直埋管道安装施工要点

（1）预制直埋管道堆放时不得大于 3 层，且高度不得大于 2m；施工中应有防火措施。

（2）预制直埋管道及管件外护管的划痕深度不得超过规定，当不合格时应进行修补：对于高密度聚乙烯外护管划痕深度不应大于外护管壁厚的 10%，且不应大于 1mm；对于钢制外护管防腐层的划痕深度不应大于防腐层厚度的 20%。

（3）预制直埋保温管安装坡度应与设计要求一致。当管道过程中出现折角或管道折角大于设计值时，应经设计单位确认后方可安装。

（4）预制直埋保温管道现场安装完成后，必须按设计要求对保温材料裸露处进行密封处理。

（5）在固定支墩结构承载力未达到设计要求之前，不得进行预热伸长或试运行。

（6）预制直埋热水管道在穿套管前应完成接头的保温施工，且穿越套管时不得损坏直埋热水管的保温层和外护管。

（7）预制直埋管道的监测系统与管道安装同时进行，安装接头处的信号线前先清理直埋管两端潮湿的保温材料，连接完毕并检测合格后方可进行接头保温。

（8）接头保温材料应经检测合格，接头处钢管表面应洁净、干燥，发泡机发泡后应及时密封发泡孔。

（9）接头的外护层安装完成后，必须全部进行气密性检验。气密性合格标准：气密性检验的压力应为 0.02MPa；保压时间不应小于 2min；压力稳定后应采用涂上肥皂水的方法检查，无气泡为合格。

（10）施工间断时，管口应用堵板临时封闭。雨期施工时应有防止管道漂浮、泥浆进入管道的措施。

（11）对已预制防腐层和保温层的管道及附件，在吊装、运输和安装前应采取防止防腐层、保温层损坏以及防水的施工技术措施。

（六）管道焊接质量检验

（1）在施工过程中，焊接质量检验依次为：对口质量检验、外观质量检验、无损检验、强度和严密性试验。

（2）焊缝应 100% 进行外观质量检验。

（3）管道焊缝无损检测应由具备资质的检测单位实施。焊缝无损检测方法有射线检测、超声检测、磁粉或渗透检测等。热力管道焊缝无损检测宜采用射线检测；当采用超声检测时，应采用射线检测复检，复检数量为超声检测数量的 20%；角焊缝处的无损检测可采用磁粉或渗透检测。

（4）需要进行100%无损检测的情形包括如下几种：

干线管道与设备、管件连接处和折点处的焊缝应进行100%无损检测；

穿越铁路、高速公路的管道在铁路路基两侧各10m范围内、穿越城市主要道路的不通行管沟在道路两侧各5m范围内，穿越江、河、湖等的管道在岸边各10m的范围内的焊缝，应进行100%无损检测；

不具备强度试验条件的管道焊缝，应进行100%无损检测；

现场制作的各种承压设备和管件，应进行100%无损检测。

（5）无损检测的标准和频率应符合设计要求和规范规定。无损检测出现不合格，应及时进行返修，返修后按下列规定扩大检验：

1）出现一道不合格焊缝，应再抽检两道该焊工所焊的同一批焊缝，按原检测方法进行检验。

2）第二次抽检仍出现不合格焊缝，应对该焊工所焊全部同批焊缝按原检测方法进行检验。

同一焊缝的返修次数不应大于两次，根部缺陷只允许返修一次。

1K415023 供热管网附件及供热站设施安装要点

一、供热管网附件及安装要点

供热管网附件包括补偿器、阀门等。

（一）补偿器

1. 补偿器的作用及管道热伸长量、热膨胀应力计算

（1）补偿器的作用：

任何材料随温度变化，其几何尺寸将发生变化，变化量的大小取决于某一方向的线膨胀系数和该物体的总长度。线膨胀系数是指物体单位长度温度每升高1℃后物体的相对伸长。当该物体两端被相对固定，则会因尺寸变化产生内应力。

供热管网的介质温度较高，供热管道本身长度又长，故管道产生的温度变形量就大，其热膨胀的应力也会很大。

因此，设置于管道上的补偿器的作用是：补偿因供热管道升温导致的管道热伸长，从而释放温度变形，消除温度应力，避免因热伸长或温度应力的作用而引起管道变形或破坏，以确保管网运行安全。我们需要计算供热管道的热伸长量及热膨胀应力值来设置合适的补偿器。

（2）供热管道的热伸长量及热膨胀应力值计算：

供热管道的热伸长量及应力的计算式见表1K415023。

供热管道的热伸长及应力计算式简表　　　表1K415023

名　称	计算式	说　明
热伸长量计算	$\Delta L=\alpha L\Delta t$	ΔL——热伸长量（m）；α——管材线膨胀系数，碳素钢$\alpha=12\times10^{-6}$ m/（m·℃）；L——管段长度（m）；Δt——管道在运行时的温度与安装时的环境温度差（℃）
热膨胀应力计算	$\sigma=E\alpha\Delta t$	σ——热应力（MPa）；E——管材弹性模量（MPa），碳素钢$E=20.14\times10^4$MPa；其余同上

供热管道的热伸长量及应力计算实例：

已知一条供热管道的某段长 200m，材料为碳素钢，安装时环境温度为 0℃，运行时介质温度为 125℃，设定此段管道两端刚性固定，中间不设补偿器，求运行时的最大热伸长量 ΔL 及最大热膨胀应力 σ。

解：$\Delta L = \alpha L \Delta t = 12\times10^{-6}\times200\times(125-0) = 0.3\text{m}$

$\sigma = E\alpha\Delta t = 20.14\times10^{4}\times12\times10^{-6}\times(125-0) = 302.1\text{MPa}$

由上可知，供热管道在运行中其产生的热胀应力极大，远远超过钢材的许用应力（$[\sigma]\approx140\text{MPa}$），故在工程中只有选用合适的补偿器，才能消除热胀应力，从而确保供热管道的安全运行。

2. 补偿器类型及特点

供热管道采用的补偿器种类很多，主要有自然补偿器、方形补偿器、波纹管补偿器、套筒式补偿器、球形补偿器等。

（1）自然补偿器：

自然补偿，是利用管路几何形状所具有的弹性来吸收热变形。最常见的是将管道两端以任意角度相接，多为两管道垂直相交。自然补偿的缺点是管道变形时会产生横向的位移，而且补偿的管段不能很大。

自然补偿器分为 L 形（管段中 90°～150° 弯管）和 Z 形（管段中两个相反方向 90° 弯管），如图 1K415023-1 所示。安装时应正确确定弯管两端固定支架的位置。

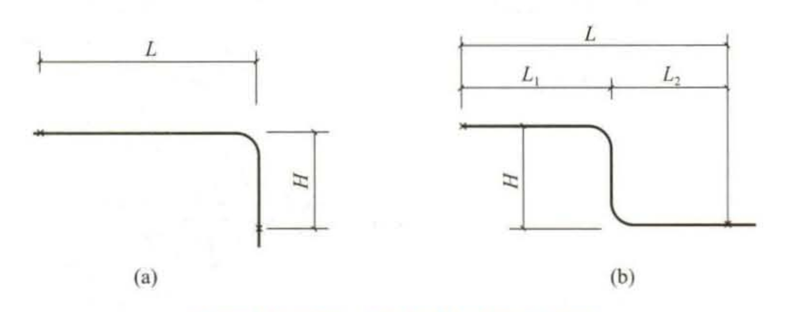


图 1K415023-1 自然补偿器类型示意图
（a）L 形自然补偿器；（b）Z 形自然补偿器

（2）方形补偿器：

方形补偿器（如图 1K415023-2 和图 1K415023-3 所示），由管子弯制或由弯头组焊而成，利用刚性较小的回折管挠性变形来消除热应力及补偿两端直管部分的热伸长量。其优点是制造方便，补偿量大，轴向推力小，维修方便，运行可靠；缺点是占地面积较大。

（3）波纹管补偿器：

波纹管补偿器（如图 1K415023-4 和图 1K415023-5 所示）靠波形管壁的弹性变形来吸收热胀或冷缩量，按波数的不同分为一波、二波、三波和四波，按内部结构的不同分为带套筒和不带套筒两种。它的优点是结构紧凑，只发生轴向变形，与方形补偿器相比占据空间位置小；缺点是制造比较困难，耐压低，补偿能力小，轴向推力大。

（4）套筒式补偿器：

套筒式补偿器，又称填料式补偿器（如图 1K415023-6 和图 1K415023-7 所示），主要由三部分组成：带底脚的套筒、插管和填料。内外管的间隙用填料密封，内插管可以随温

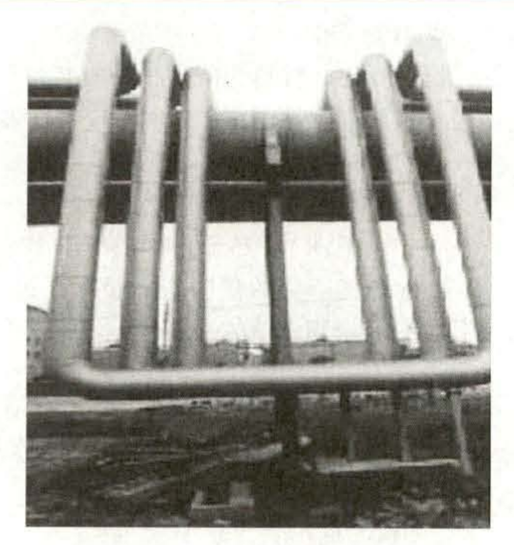


图 1K415023-2 方形补偿器实物图

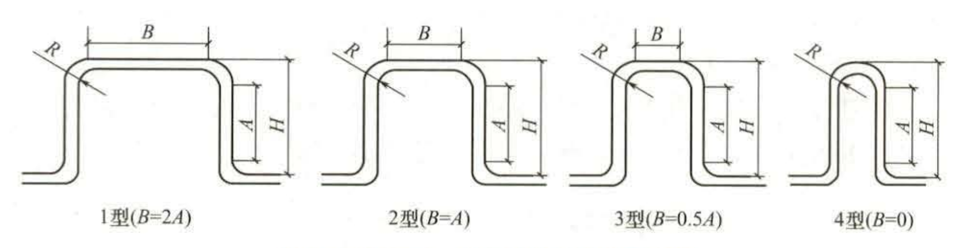


图 1K415023-3 方形补偿器类型示意图

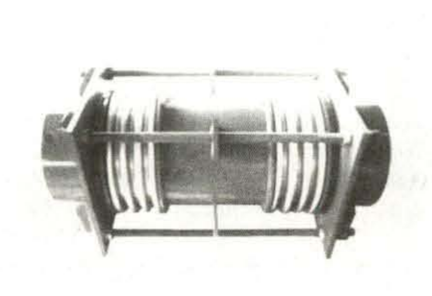


图 1K415023-4 波纹管补偿器实物图

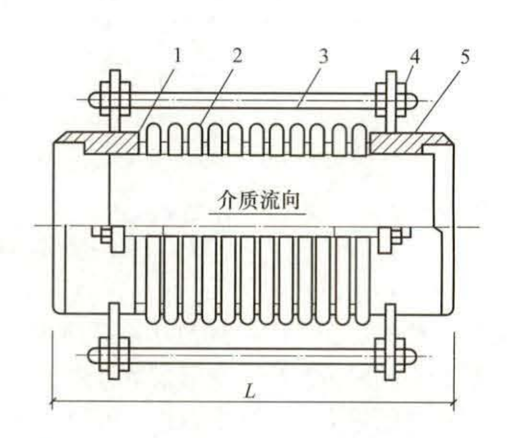


图 1K415023-5 轴向波纹管补偿器示意图

1—导流管；2—波纹管；3—限位拉杆；4—限位螺母；5—端管

度变化自由活动，从而起到补偿作用。

套筒式补偿器安装方便，占地面积小，流体阻力较小，抗失稳性好，补偿能力较大；缺点是轴向推力较大，易漏水漏汽，需经常检修和更换填料，对管道横向变形要求严格。

（5）球形补偿器（如图 1K415023-8 和图 1K415023-9 所示）是由外壳、球体、密封圈压紧法兰组成，它是利用球体的角位移来补偿管道的热伸长而消除热应力的，适用于三向位移的热力管道。其优点是占用空间小，节省材料，不产生推力；但易漏水、漏汽，要



图 1K415023-6 套筒式补偿器实物图

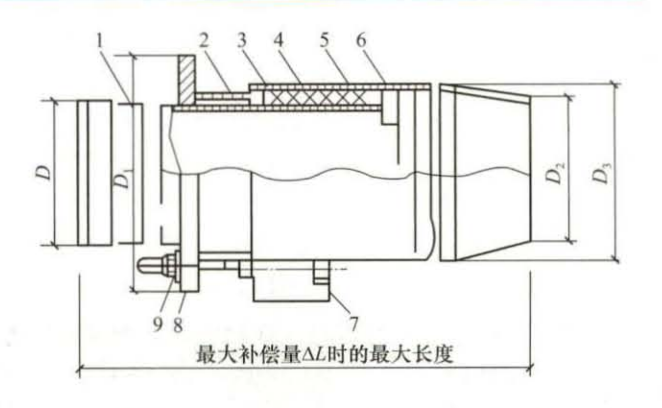


图 1K415023-7 单向套筒式补偿器示意图

1—套管；2—前压兰；3—壳体；4—填料圈；5—后压兰；6—防脱肩；7—T 形螺栓；8—垫圈；9—螺母

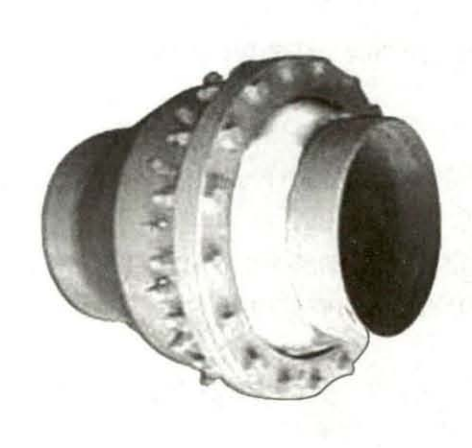


图 1K415023-8 球形补偿器实物图

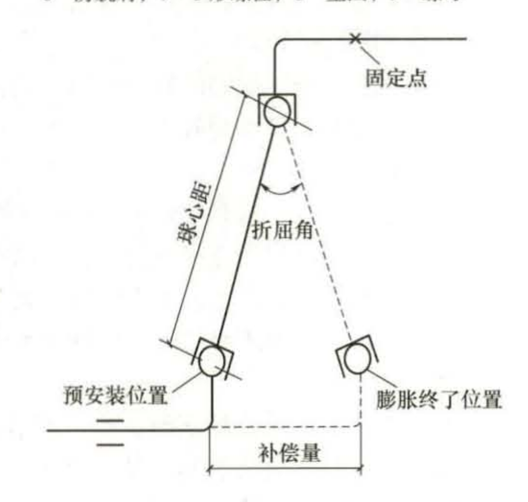


图 1K415023-9 球形补偿器示意图

加强维修。

上述补偿器中，自然补偿器、方形补偿器和波纹管补偿器是利用补偿材料的变形来吸收热伸长的，而套筒式补偿器和球形补偿器则是利用管道的位移来吸收热伸长的。

3. 补偿器安装要点

（1）有补偿器装置的管段，补偿器安装前，管道和固定支架之间不得进行固定。补偿器的临时固定装置在管道安装、试压、保温完毕后，应将紧固件松开，保证在使用中可自由伸缩。补偿器应与管道保持同轴，安装操作时不得损伤补偿器，不得采用使补偿器变形的方法来调整管道的安装偏差。

（2）直管段设置补偿器的最大距离和补偿器弯头的弯曲半径应符合设计要求。在靠近补偿器的两端，应设置导向支架，保证运行时管道沿轴线自由伸缩。

（3）当安装时的环境温度低于补偿零点（设计的最高温度与最低温度差值的 1/2）时，应对补偿器进行预拉伸，拉伸的具体数值应符合设计文件的规定。经过预拉伸的补偿器，在安装及保温过程中应采取措施保证预拉伸不被释放。

（4）L 形、Z 形、方形补偿器一般在施工现场制作，制作应采用优质碳素钢无缝钢管。

方形补偿器水平安装时，平行臂应与管线坡度及坡向相同，垂直臂应呈水平放置。垂直安装时，不得在弯管上开孔安装放风管和排水管。

（5）波纹管补偿器或套筒式补偿器安装时，补偿器应与管道保持同轴，不得偏斜，有流向标记（箭头）的补偿器，流向标记与介质流向一致。填料式补偿器芯管的外露长度应大于设计规定的变形量。

（6）球形补偿器安装时，与球形补偿器相连接的两垂直臂的倾斜角度应符合设计要求，外伸部分应与管道坡度保持一致。

（7）采用直埋补偿器时，在回填后其固定端应可靠锚固，活动端应能自由变形。

（二）阀门

1. 阀门的作用

阀门是用启闭管路，调节被输送介质流向、压力、流量，以达到控制介质流动、满足使用要求的重要管道部件。

2. 阀门的类型和特点

供热管道工程中常用的阀门有：闸阀、截止阀、止回阀、柱塞阀、蝶阀、球阀、减压阀、安全阀、疏水阀及平衡阀等。

（1）闸阀：

闸阀是用于一般汽、水管路作全启或全闭操作的阀门。按阀杆所处的状况可分为明杆式和暗杆式；按闸板结构特点可分为平行式和楔式。

闸阀的特点是安装长度小，无方向性；全开启时介质流动阻力小；密封性能好；加工较为复杂，密封面磨损后不易修理。当管径大于 *DN*50mm 时宜选用闸阀。

（2）截止阀：

截止阀主要用来切断介质通路，也可调节流量和压力。截止阀可分直通式、直角式、直流式。直通式适用于直线管路，便于操作，但阀门流阻较大；直角式用于管路转弯处；直流式流阻很小，与闸阀接近，但因阀杆倾斜，不便操作。

截止阀的特点是制造简单、价格较低、调节性能好；安装长度大，流阻较大；密封性较闸阀差，密封面易磨损，但维修容易；安装时应注意方向性，即低进高出，不得装反。

（3）柱塞阀：

柱塞阀主要用于密封要求较高的地方，使用在水、蒸汽等介质上。

柱塞阀的特点是密封性好，结构紧凑，启闭灵活，寿命长，维修方便；但价格相对较高。

（4）止回阀：

止回阀是利用本身结构和阀前阀后介质的压力差来自动启闭的阀门，它的作用是使介质只做一个方向的流动，而阻止其逆向流动。按结构可分为升降式和旋启式，前者适用于小口径水平管道，后者适用于大口径水平或垂直管道。止回阀常设在水泵的出口、疏水器的出口管道以及其他不允许流体反向流动的地方。

（5）蝶阀：

蝶阀主要用于低压介质管路或设备上进行全开全闭操作。按传动方式可分为手动、涡轮传动、气动和电动。手动蝶阀可以安装在管道任何位置，带传动机构的蝶阀，必须垂直安装，保证传动机构处于铅垂位置。蝶阀的特点是体积小，结构简单，启闭方便、迅速且较省力，密封可靠，调节性能好。

（6）球阀：

球阀主要用于管路的快速切断。主要特点是流体阻力小，启闭迅速，结构简单，密封性能好。

球阀适用于低温（不大于150℃）、高压及黏度较大的介质以及要求开关迅速的管道部位。

（7）安全阀：

安全阀是一种安全保护性的阀门，主要用于管道和各种承压设备上，当介质工作压力超过允许压力数值时，安全阀自动打开向外排放介质，随着介质压力的降低，安全阀将重新关闭，从而防止管道和设备的超压危险。安全阀分为杠杆式、弹簧式、脉冲式。安全阀适用于锅炉房管道以及不同压力级别管道系统中的低压侧。

（8）减压阀：

减压阀主要用于蒸汽管路，靠开启阀孔的大小对介质进行节流从而达到减压目的，它能以自力作用将阀后的压力维持在一定范围内。减压阀可分为活塞式、杠杆式、弹簧薄膜式、气动薄膜式。

（9）疏水阀：

疏水阀安装在蒸汽管道的末端或低处，主要用于自动排放蒸汽管路中的凝结水，阻止蒸汽逸漏和排除空气等非凝性气体，对保证系统正常工作，防止凝结水对设备的腐蚀以及汽水混合物对系统产生水击等均有重要作用。常用的疏水阀有浮桶式、热动力式及波纹管式等几种。

（10）平衡阀：

平衡阀对供热系统管网的阻力和压差等参数加以调节和控制，从而满足管网系统按预定要求正常、高效运行。

3. 阀门安装要点

（1）安装前应核对阀门的型号、规格是否与设计相符。查看阀门是否有损坏，阀杆是否歪斜、灵活，指示是否正确等。阀门搬运时严禁随手抛掷，应分类摆放。阀门吊装搬运时，钢丝绳应拴在法兰处，不得拴在手轮或阀杆上。阀门应清理干净，并严格按指示标记及介质流向确定其安装方向，采用自然连接，严禁强力对口。

（2）阀门的开关手轮应放在便于操作的位置，水平安装的闸阀、截止阀的阀杆应处于上半周范围内。安全阀应垂直安装。

（3）当阀门与管道以法兰或螺纹方式连接时，阀门应在关闭状态下安装，以防止异物进入阀门密封座。当阀门与管道以焊接方式连接时，宜采用氩弧焊打底，这是因为氩弧焊所引起的变形小，飞溅少，背面透度均匀，表面光洁、整齐，很少产生缺陷；另外，焊接时阀门不得关闭，以防止受热变形和因焊接而造成密封面损伤，焊机地线应搭在同侧焊口的钢管上，严禁搭在阀体上。对于承插式阀门还应在承插端头留有1.5mm的间隙，以防止焊接时或操作中承受附加外力。阀门焊接完成降至环境温度后方可操作。

（4）集群安装的阀门应按整齐、美观、便于操作的原则进行排列。

二、供热站设施及安装要点

1. 供热站作用

供热站是供热管网的重要附属设施，是供热网路与热用户的连接场所。它的作用是根

据热网工况和不同的条件，采用不同的连接方式，将热网输送的热媒加以调节、转换，向热用户系统分配热量以满足用户需要；并根据需要，进行集中计量、检测供热热媒的参数和数量。

2. 供热站设备的安装要点

（1）供热站房设备间的门应向外开。当热水供热站站房长度大于12m时应设两个出口，热力网设计水温小于100℃时可只设一个出口。蒸汽供热站不论站房尺寸如何，都应设置两个出口。安装孔或门的大小应保证站内需检修更换的最大设备出入。多层站房应考虑用于设备垂直搬运的安装孔。

（2）设备基础施工应符合设计和规范要求，并按设计采取相应的隔震、防沉降的措施。设备进场应对设备数量、包装、型号、规格、外观质量和技术文件进行开箱检查，填写相关记录，合格后方可安装。

（3）管道及设备安装前，土建施工单位、工艺安装单位及监理单位应对预埋吊点的数量及位置，设备基础位置、表面质量、几何尺寸、标高及混凝土质量，预留孔洞的位置、尺寸及标高等共同复核检查，并办理书面交验手续。

（4）各种设备应根据系统总体平面布置按照适宜的顺序进行安装，并与土建施工结合起来。设备的平面位置应按设计要求测设，精度应符合设计和规范要求，地脚螺栓安装位置正确，埋设牢固，垫铁高程符合要求，与设备密贴，设备底座与基础之间进行必要的灌浆处理。机械设备与基础装配紧密，连接牢固。

（5）设备基础地脚螺栓底部锚固环钩的外缘与预留孔壁和孔底的距离不得小于15mm；拧紧螺母后，螺栓外露长度应为2～5倍螺距；灌注地脚螺栓使用的细石混凝土（或水泥砂浆）强度等级应比基础混凝土的强度等级提高一级；拧紧地脚螺栓时，灌注混凝土的强度应不小于设计强度的75%。

（6）供热站内管道安装在主要设备安装完成、支吊架以及土建结构完成后进行。管道支吊架位置及数量应满足设计及安装要求。管道安装前，应按施工图和相关建（构）筑物的轴线、边缘线、标高线划定安装的基准线。仔细核对一次水系统供回水管道方向与外网的对应关系，切忌接反。

（7）供热站内管道的材质、规格、型号、接口形式以及附件设备选型均应符合设计图纸要求。钢管焊接应严格执行焊接工艺评定和作业指导书技术参数，焊接人员应持证上岗，并经现场考试合格方可作业。

（8）供热站内管道安装过程中的敞口应进行临时封闭。管道穿越基础、建筑楼板和墙体等结构应在土建施工中预埋套管。管道焊缝等接口不得留置在套管中。

管道应排列整齐、美观，并排安装的管道，直线部分应相互平行，曲线部分应保持与直线部分相等的间距。管道的支、吊、托架安装应符合设计要求，位置准确，埋设牢固。管道阀门、安全阀等附件设备安装应方便操作和维修，管道上同类型的温度表和压力表规格应一致，且排列整齐、美观，并经计量检定合格。

（9）供热站内管道与设备连接时，设备不得承受附加外力，进入管内的杂物及时清理干净。泵的吸入管道和输出管道应有各自独立、牢固的支架，泵不得直接承受系统管道、阀门等的重量和附加力矩。管道与泵连接后，不应在其上进行焊接和气割；当需焊接和气割时，应拆下管道或采取必要的措施，并应防止焊渣进入泵内。

（10）蒸汽管道和设备上的安全阀应有通向室外的排汽管，热水管道和设备上的安全阀应有接到安全地点的排水管，并应有足够的截面积和防冻措施确保排放通畅。在排汽管和排水管上不得装设阀门。排放管应固定牢固。

（11）管道焊接完成，应进行外观质量检查和无损检测，无损检测的标准、数量应符合设计和相关规范要求。合格后按照系统分别进行强度和严密性试验。强度和严密性试验合格后进行除锈、防腐、保温。

（12）泵的试运转应在其各附属系统单独试运转正常后进行，且应在有介质情况下进行试运转，试运转的介质或代用介质均应符合设计的要求。当供热站及有水处理设备的泵站启动时应先运行水处理设备。泵在额定工况下连续试运转时间不应少于 2h。

（13）管道清洗完成后安装经校验和检定合格的热计量设备，热计量设备标注的水流方向应与管道内热媒流动的方向一致。

【案例1K415023】

1. 背景

某供热管线工程，长 729m，*DN*250mm，采用 Q235B 管材，直埋敷设，全线共设 4 座检查室。在 2 号检查室内热机安装施工时，施工单位预先在管道上截下一段短节，留出安装波纹管补偿器的位置，后因补偿器迟迟未到货，只好将管端头临时用彩条布封堵。

2. 问题

（1）施工单位的做法是否妥当？如不妥当，请写出正确的做法。

（2）波纹管补偿器安装时，对其安装方向是否有要求？

（3）对波纹管补偿器与管道连接处的焊缝是否需要进行无损检测？检测比例是多少？

3. 参考答案

（1）存在两处不妥当做法：

1）波纹管补偿器应与管道保持同轴，但按背景中介绍的情况，不一定能保证。

正确做法：当补偿器运至安装现场，再在已固定好的钢管上切口吊装焊接。

2）将管端头临时用彩条布封堵，彩条布封堵遇雨时不能防止管道漂浮、泥浆进入管腔。

正确做法：管口应用堵板封闭。

（2）安装波纹管补偿器时，有流向标记（箭头）的补偿器，安装时应使流向标记与管道介质流向一致。

（3）按规范要求，波纹管补偿器与管道连接处的焊缝应进行 100% 无损检测。

1K415024 供热管道功能性试验的规定

一、供热管道功能性试验的内容

供热管道和设备安装完成后，应按设计要求进行强度和严密性试验。

一级管网及二级管网应进行强度试验和严密性试验。供热站（含中继泵站）内系统应进行严密性试验。

二、强度试验和严密性试验

1. 试验前的准备工作

（1）试验前应编制试验方案，并经监理（建设）、设计等单位审查同意后实施。试验前对有关操作人员进行技术、安全交底。

（2）强度试验前焊接外观质量和无损检测已合格，管道安装使用的材料设备资料齐全；严密性试验前，一个完整的设计施工段已经完成管道和设备安装，且经强度试验合格。

（3）试验区域已经划定，设置安全标志并专人值守有效隔绝无关人员。

（4）站内、检查室、沟槽中的排水系统经检查可靠。

（5）试验所用的压力表精度符合要求并经检定合格，且在检定有效期内。

（6）管道自由端的临时加固装置安装完成并经检查确认安全。

（7）试验介质宜采用清洁水，并将管道及设备中的空气排尽。

2. 强度试验的实施要点

（1）管线施工完成后，经检查除现场组装的连接部位（如焊接连接、法兰连接等）外，其余均符合设计文件和相关标准的规定，方可以进行强度试验。强度试验应在试验段内的管道接口防腐、保温施工及设备安装前进行。

（2）强度试验所用压力表应在检定有效期内，其精度等级不得低于1.0级。压力表的量程应为试验压力的1.5～2倍，数量不得少于2块。压力表应安装在试验泵出口和试验系统末端。

（3）强度试验压力为1.5倍设计压力，且不得小于0.6MPa。充水时应排净系统内的气体，在试验压力下稳压10min，检查无渗漏、无压降后降至设计压力，在设计压力下稳压30min，检查无渗漏、无压力降为合格。

（4）当试验过程中发现渗漏时，严禁带压处理。消除缺陷后，应重新进行试验。

3. 严密性试验的实施要点

（1）严密性试验应在试验范围内的管道、支架、设备全部安装完毕，且固定支架的混凝土已达到设计强度，管道自由端临时加固完成后进行。

（2）对于供热站内管道和设备的严密性试验，试验前还需确保安全阀、爆破片及仪表组件等已拆除或加盲板隔离，加盲板处有明显的标记并做记录，安全阀全开，填料密实。

（3）严密性试验所用压力表的精度等级不得低于1.5级。压力表的量程应为试验压力的1.5～2倍，数量不得少于2块，应在检定有效期内。压力表应安装在试验泵出口和试验系统末端。

（4）严密性试验压力为设计压力的1.25倍，且不小于0.6MPa。一级管网和供热站内管道及设备，在试验压力下稳压1h，前后压降不大于0.05MPa，检查管道、焊缝、管路附件及设备无渗漏，固定支架无明显变形，则为合格；二级管网在试验压力下稳压30min，前后压降不大于0.05MPa，且管道、焊缝、管路附件及设备无渗漏，固定支架无明显变形的为合格。

三、试运行

试运行在单位工程验收合格，完成管道清洗并且热源已具备供热条件后进行。试运行前需要编制试运行方案，并要在建设单位、设计单位认可的条件下连续运行72h。

试运行中应对管道及设备进行全面检查，特别要重点检查支架的工作状况。

试运行完成后应对运行资料、记录等进行整理，并应存档。

1K415030 城市燃气管道工程施工

1K415031 燃气管道的分类

一、燃气分类

燃气是以可燃气体为主要组分的混合气体燃料。城镇燃气是指符合国家规范要求的，供给居民生活、公共建筑和工业企业生产作燃料用的公用性质的燃气。主要有人工煤气（简称煤气）、天然气和液化石油气。

二、燃气管道分类

（一）根据用途分类

1. 长距离输气管道

其干管及支管的末端连接城市或大型工业企业，作为供应区气源点。

2. 城市燃气管道

（1）分配管道：在供气地区将燃气分配给工业企业用户、公共建筑用户和居民用户。分配管道包括街区和庭院的分配管道。

（2）用户引入管：将燃气从分配管道引到用户室内管道引入口处的总阀门。

（3）室内燃气管道：通过用户管道引入口的总阀门将燃气引向室内，并分配到每个燃气用具。

（二）根据敷设方式分类

（1）地下燃气管道：一般在城市中常采用地下敷设。

（2）架空燃气管道：在管道通过障碍时或在工厂区为了管理维修方便，采用架空敷设。

（三）根据输气压力分类

（1）城镇燃气管道设计压力不同，对其安装质量和检验要求也不尽相同，城镇燃气管道按压力分为不同的等级，其分类见表 1K415031。

城镇燃气管道设计压力分类（MPa） 表 1K415031

低压	中压		次高压		高压	
	B	A	B	A	B	A
≤ 0.01	> 0.01，≤ 0.2	> 0.2，≤ 0.4	> 0.4，≤ 0.8	> 0.8，≤ 1.6	> 1.6，≤ 2.5	> 2.5，≤ 4.0

（2）次高压燃气管道，应采用钢管；中压燃气管道，宜采用钢管或铸铁管；低压地下燃气管道采用聚乙烯管材时，应符合有关标准的规定。

（3）燃气管道之所以要根据输气压力来分级，是因为燃气管道的严密性与其他管道相比，有特别严格的要求，漏气可能导致火灾、爆炸、中毒或其他事故。燃气管道中的压力越高，管道接头脱开或管道本身出现裂缝的可能性和危险性也越大。当管道内燃气的压力不同时，对管道材质、安装质量、检验标准和运行管理的要求也不同。

（4）中压 B 和中压 A 管道必须通过区域调压站、用户专用调压站才能给城市分配管网中的低压和中压管道供气，或给工厂企业、大型公共建筑用户以及锅炉房供气。

一般由城市高压 B 燃气管道构成大城市输配管网系统的外环网。高压 B 燃气管道也

是给大城市供气的主动脉。高压燃气必须通过调压站才能送入中压管道、高压储气罐以及工艺需要高压燃气的大型工厂企业。

（5）高压A输气管通常是贯穿省、地区或连接城市的长输管线，它有时构成了大型城市输配管网系统的外环网。城市燃气管网系统中各级压力的干管，特别是中压以上压力较高的管道，应连成环网，初建时也可以是半环形或枝状管道，但应逐步构成环网。

（6）城市、工厂区和居民点可由长距离输气管线供气，个别距离城市燃气管道较远的大型用户，经论证确系经济合理和安全可靠时，可自设调压站与长输管线连接。除了一些允许设专用调压器的、与长输管线相连接的管道检查站用气外，单个的居民用户不得与长输管线连接。

在确有充分必要的理由和安全措施可靠的情况下，并经有关上级批准之后，城市里采用高压燃气管道也是可以的。同时，随着科学技术的发展，有可能改进管道和燃气专用设备的质量，提高施工管理的质量和运行管理的水平，在新建的城市燃气管网系统和改建旧有的系统时，燃气管道可采用较高的压力，这样能降低管网的总造价或提高管道的输气能力。

1K415032 燃气管道施工与安装要求

涉及工程施工准备工作和安装施工的技术要求参见本书1K415022条的相关内容。

一、工程基本规定

（1）燃气管道对接安装引起的误差不得大于3°，否则应设置弯管，次高压燃气管道的弯管应考虑盲板力。管道回填同本书1K420133条的要求。

（2）管道与建筑物、构筑物、基础或相邻管道之间的水平和垂直净距：

1）燃气管道与建筑物、构筑物、基础或相邻管道之间的水平和垂直净距，不应小于表1K415032-1、表1K415032-2的规定。当要求不一致时，应满足要求严格的。

地下燃气管道与建（构）筑物等最小水平净距（m） 表1K415032-1

序号	项目		地下燃气金属管道							地下燃气塑料管道	
			低压	中压		次高压		高压			
				B	A	B	A	B	A	低压	中压
1	建筑物	基础外墙面（出地面处）	0.7 —	0.0 —	1.5 —	— 5.0	— 13.5	见GB 50028—2006 表6.4.11 表6.4.12		1.2 —	1.5 —
2	给水管		0.5	0.5	0.5	1.0	1.5			0.5	
3	污水、雨水、排水管		1.0	1.2	1.2	1.5	2.0			1.2	
4	电力电缆（含电车电缆）	直埋	0.5	0.5	0.5	1.0	1.5			1.0	
		在导管内	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5				
5	通信电缆	直埋	0.5	0.5	0.5	1.0	1.5			0.5	
		在导管内	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5			1.0	
6	其他燃气管道	$DN \leq 300$mm	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4			0.4	
		$DN > 300$mm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5			0.5	
7	供热管 ＜150℃直埋	供水	1.0	1.0	1.0	1.5	2.0			1.5	
		回水								3.0	

续表

序号	项目			地下燃气金属管道							地下燃气塑料管道	
				低压	中压		次高压		高压			
					B	A	B	A	B	A	低压	中压
7	供热管	＜150℃管沟（至外壁）	热水	1.0	1.5	1.5	2.0	4.0			3.0	
			蒸汽								2.0	
8	电杆（塔）的基础		≤35kV	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	
			＞35kV	2.0	2.0	2.0	5.0	5.0			5.0	
9	通信、照明电杆（至电杆中心）			1.0	1.0	1.0	1.0	1.0			1.0	
10	铁路路堤坡角			5.0	5.0	5.0	5.0	5.0			5.0	
11	有轨电车钢轨			2.0	2.0	2.0	2.0	2.0			2.0	
12	街树（至树中心）			0.75	0.75	0.75	1.2	1.2			1.2	
13	人防通道外墙			—	—	—	—	—			2.0	

地下燃气管道与建（构）筑物之间的最小垂直净距（m）　　表 1K415032-2

序号	项目		地下燃气管道		
			钢管道	塑料管道	
				在该设施上方	在该设施下方
1	给水管、燃气管道		0.15	0.15	0.15
2	排水管		0.15	0.15	0.20（加套管）
3	供热管	＜150℃直埋供热管	0.15	0.50（加套管）	1.30（加套管）
		＜150℃热水供热管沟，蒸汽供热管沟	0.15	0.40 或 0.20（加套管）	0.30（加套管）
		＜280℃蒸汽供热管沟	0.15	1.00（加套管）套管有降温措施可缩小	不允许
4	电缆	直埋	0.50	0.50	0.50
		在导管内	0.15	0.20	0.20
5	铁路（轨底）		1.20	—	1.20（加套管）
6	有轨电车（轨底）		1.00	—	—

2）无法满足上述安全距离时，应将管道设于管道沟或刚性套管的保护设施中，套管两端应用柔性密封材料封堵。

3）保护设施两端应伸出障碍物且与被跨越障碍物间的距离不应小于 0.5m。对有伸缩要求的管道，保护套管或地沟不得妨碍管道伸缩且不得损坏绝热层外部的保护壳。

（3）管道埋设的最小覆土厚度：

地下燃气管道埋设的最小覆土厚度（路面至管顶）应符合下列要求：埋设在车行道下时，最小直埋深度不应小于 0.9m；人行道及田地下的最小直埋深度不应小于 0.6m。

（4）地下燃气管道不宜与其他管道或电缆同沟敷设。当需要同沟敷设时，必须采取防护措施。

二、燃气管道穿越构建筑物

（1）不得穿越的规定：

1）地下燃气管道不得从建筑物和大型构筑物的下面穿越。

2）地下燃气管道不得在堆积易燃、易爆材料和具有腐蚀性液体的场地下面穿越。

（2）地下燃气管道穿过排水管、热力管沟、综合管廊、隧道及其他各种用途沟槽时，应将燃气管道敷设于套管内。套管伸出构筑物外壁不应小于表 1K415032-1 中燃气管道与构筑物的水平距离。套管两端的密封材料应采用柔性的防腐、防水材料密封。

（3）燃气管道穿越铁路、高速公路、电车轨道和城镇主要干道时应符合下列要求：

1）穿越铁路和高速公路的燃气管道，其外应加套管，并提高绝缘、防腐等措施。

2）穿越铁路的燃气管道的套管，应符合下列要求：

① 套管埋设的深度：套管顶部距铁路路肩不得小于 1.7m，并应符合铁路管理部门的要求。

② 套管宜采用钢管或钢筋混凝土管。

③ 套管内径应比燃气管道外径大 100mm 以上。

④ 套管两端与燃气管的间隙应采用柔性的防腐、防水材料密封，其一端应装设检漏管。

⑤ 套管端部距路堤坡脚外距离不应小于 2.0m。

3）燃气管道穿越电车轨道和城镇主要干道时宜敷设在套管或地沟内；穿越高速公路的燃气管道的套管、穿越电车轨道和城镇主要干道的燃气管道的套管或地沟，应符合下列要求：

① 套管内径应比燃气管道外径大 100mm 以上，套管或地沟两端应密封，在重要地段的套管或地沟端部宜安装检漏管。

② 套管端部距电车边轨不应小于 2.0m；距道路边缘不应小于 1.0m。

③ 燃气管道宜垂直穿越铁路、高速公路、电车轨道和城镇主要干道。

4）穿越高铁、电气化铁路、城市轨道交通时，应采取防止杂散电流腐蚀的措施，并确保有效。

三、燃气管道通过河流

燃气管道通过河流时，可采用穿越河底或采用管桥跨越的形式。

（1）当条件允许时，可利用道路、桥梁跨越河流，并应符合下列要求：

1）利用道路、桥梁跨越河流的燃气管道，其管道的输送压力不应大于 0.4MPa。

2）当燃气管道随桥梁敷设或采用管桥跨越河流时，必须采取安全防护措施。

3）燃气管道随桥梁敷设应在征得桥梁管理部门同意后施工，宜采取如下安全防护措施：

① 敷设于桥梁上的燃气管道应采用加厚的无缝钢管或焊接钢管，尽量减少焊缝，对焊缝进行 100% 超声检测和 100% 射线检测，合格等级符合设计要求。

② 跨越通航河流的燃气管道管底标高，应符合通航净空的要求，管架外侧应设置护桩。

③ 在确定管道位置时，应与随桥敷设的其他可燃的管道保持一定间距并符合有关规定。

④ 管道应设置必要的补偿和减振措施。

⑤ 过河架空的燃气管道向下弯曲时，向下弯曲部分与水平管夹角宜采用 45° 形式。

⑥ 对管道应做较高等级的防腐保护。对于采用阴极保护的埋地钢管与随桥管道之间应设置绝缘装置。

（2）燃气管道穿越河底时，应符合下列要求：

1）施工方案及设计文件应报河道管理或水利管理部门审查批准。工程开工时，应在敷设管道位置的两侧水体各 50m 距离处设警戒标志。

2）燃气管道宜采用钢管，对焊缝进行 100% 超声检测和 100% 射线检测。

3）燃气管道至规划河底的覆土厚度，应根据水流冲刷条件及规划河床标高确定，对不通航河流不应小于 0.5m；对通航河流不应小于 1.0m，还应考虑疏浚和投锚深度。

4）稳管措施应根据计算确定。

5）在埋设燃气管道位置的河流两岸上、下游应设立标志。

6）不同压力的燃气管道与桥梁的水平净距满足《城镇燃气管道穿跨越工程技术规程》CJJ/T 250—2016 的要求。

【案例1K415032】

1. 背景

某公司中标承建中压燃气管线工程，管径 *DN*300mm，长 26km，合同价 3600 万元。管道沟槽开挖过程中，遇地质勘察未探明的废弃砖沟，经现场监理口头同意，施工项目部组织人员、机具及时清除了砖沟，进行换填级配碎石处理，使工程增加了合同外的工程量。项目部就此向发包方提出计量支付，遭到计量工程师的拒绝。

监理在工程检查中发现：

（1）现场正在焊接作业的两名焊工是公司临时增援人员，均已在公司总部从事管理岗位半年以上；

（2）管道准备连接施焊的数个坡口处有油渍等杂物，检查后向项目部发出整改通知。

2. 问题

（1）项目部处理废弃砖沟在程序上是否妥当？如不妥当，写出正确的程序。

（2）简述计量工程师拒绝此项计量支付的理由。

（3）两名新增焊工是否符合上岗条件？为什么？

（4）管道连接施焊的坡口处应如何处理方能符合有关规范的要求？

3. 参考答案

（1）不妥当，有关规范规定：应由建设方组织有关方面验槽，并应由设计方提出变更设计。

（2）计量支付的依据是工程合同，变更设计应履行程序，监理工程师应有书面指令。

（3）不符合，因为间断焊接时间超过 6 个月，再次上岗前应重新考试；承担其他材质燃气管道安装的人员，必须经过培训，并经考试合格。

（4）规范规定：连接坡口处及两侧 10mm 范围应清除油渍、锈、毛刺等杂物，清理合格后应及时施焊。

四、燃气管道非开挖铺设施工要点

为保证城市地下管线安全、最大限度减少对地面交通的影响，可采用非开挖方法进行燃气管道铺设，以穿越地面障碍物。常用的非开挖管道敷设方法有水平定向钻施工、顶管和夯管等。

（一）水平定向钻进铺管技术要点

水平定向钻进铺管技术是指使用水平定向钻机、控向仪器等设备，按预先设计的轨迹

进行导向孔钻进、扩孔和拉管，完成地下管道铺设的施工方法。

1. 一般要求

（1）施工前，应勘察施工现场，掌握施工地层的类别和厚度、地下水分布、现场周边的建（构）筑物与地下管线的位置以及交通状况等。

（2）施工单位应根据设计人员的现场交底和工程设计图纸，对设计管线穿越段进行探测，核实施工现场既有地下管线或设施的埋深和位置，并编制该工程的施工组织设计，涉及危险性较大的工程、重要部位、关键环节等还应编制专项方案。

（3）钻进设备进场前应进行维护、调试，钻进设备进场后应对设备包含钻具、仪器进行验收。检验设备应在标定的检验期内。

（4）施工铺设的管材焊接或熔接应按设计要求执行，并经检测、检查验收合格。

1）螺旋钢管焊接对缝时，螺旋焊缝的中心距离不应小于100mm。钢管焊接后应进行外观检验和射线检测，并进行防腐处理。

2）PE管热熔焊接时禁止将SDR值不同的管材进行焊接，PE管热熔焊接翻边宽度值不应超过平均值的±2mm。PE管焊接后应进行外观检验。

（5）应根据土层条件和环境要求选择适宜的施工方法和技术措施，不宜选择在砾石层铺管。

（6）施工工作坑的开挖、回填涉及道路的，应按管理部门的要求进行申报，恢复处理应符合道路管理部门的要求。施工涉及既有交通基础设施、穿越河湖、绿化带等的应按管理部门的要求进行申报、恢复处理。

2. 导向孔钻进轨迹的施工设计

定向钻施工前必须进行钻孔轨迹设计，并在施工中进行有效监控，应保证铺管的准确性和精度要求。钻孔轨迹可分平面轨迹和剖面轨迹。在理想状态下的轨迹为"斜直线段→曲线段→水平直线段→曲线段→斜直线段"组合。根据具体要求，确定出（入）土角和出（入）土点，确定生产管埋深和各孔段的轨迹组成。

（1）轨迹设计包含以下内容：轨迹分段形式、出土与入土点、直线段最大深度、曲线段的曲率半径、出土角与入土角、直线段与曲线段长度等。一般定向钻导向轨迹的参数计算如图1K415032所示。

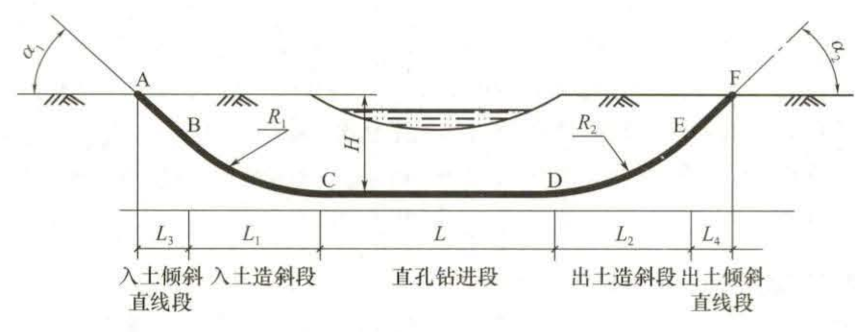


图1K415032　轨迹设计示意图

α_1—入土角（°）；H—管线中心线深（m）；R_1—入土段的曲率半径（m）；
L_1—入土造斜段的水平长度（m）；α_2—出土角（°）；R_2—出土段的曲率半径（m）；
L_2—出土造斜段的水平长度（m）；L_3—入土倾斜直线段水平长度（m）；L_4—出土倾斜直线段水平长度（m）

（2）轨迹应根据设备的特性、已掌握的地下障碍物情况、地质条件状况、周边环境、

地下水及地层情况等采用作图法或计算法确定。

（3）钢管或钻杆导向孔曲线段允许的最小曲率半径应符合公式（1K415032-1）的要求。

$$R_1=(1200\sim1500)D_1 \qquad (1K415032\text{-}1)$$

式中 R_1——钢管或钻杆的导向孔的曲率半径最小值（m）；

D_1——钢管外径（m）。

（4）PE材质的非金属管导向孔曲线段允许的最小曲率半径应符合公式（1K415032-2）的要求。

$$R_2=(E\cdot D_2)/(2\delta_p) \qquad (1K415032\text{-}2)$$

式中 R_2——PE材质管的导向孔的曲率半径最小值（m）；

E——弹性模量（MPa）；

D_2——PE材质管的外径（m）；

δ_p——弯曲应力（MPa）。

（5）施工入（出）土角 α 的计算，应结合铺设管线的曲线长度、设备定位位置等，并参考以往经验值来选定：当采用地面始钻方式时入土角宜取 $\alpha_1=6°\sim20°$，出土角宜取 $\alpha_2=4°\sim12°$。

（6）采用水平定向钻进设备铺设地下管线涉及建筑物、公路、道路、河道以及既有管线穿越时，应合理控制安全距离，以保证周边环境和施工安全。在涉及道路、铁路、构筑物等对沉降要求较高区域穿越时应采取防护或保护措施。

（7）钻机的选择应以回拉力估算值小于或等于70%的钻机额定的回拉力为依据，结合施工工艺及现场条件等具体确定。导向钻头应根据地层等选定（见表1K415032-3）。扩孔钻头应根据地层、铺管长度、铺管外径、施工工艺等选定（见表1K415032-4）。导向仪应根据工程规模、铺设管线穿越障碍的类型、管线铺设深度及施工现场周边环境选择使用。

导向钻头类型选择 **表1K415032-3**

地层	适用的导向钻头类型
淤泥质黏土	较大掌面的铲形钻头
软黏土	中等掌面的铲形钻头
砂性土	小锥型掌面的铲形钻头
砂、砾石层	镶焊硬质合金，中等尺寸弯接头钻头
岩石层	泥浆马达驱动的牙轮钻头或气动冲击锤

扩孔器类型选择 **表1K415032-4**

地层	适用的扩孔器类型
松软的地层	挤压型或组合型
软土层	切削型或组合型
硬土和岩石	牙轮组合型或滚刀组合型

3. 钻进施工要点

（1）导向孔钻进施工要点：

导向孔施工是工程的重要阶段，它决定管道铺设的最终位置，其重要的施工环节是钻

孔轨迹的监测和控制。随钻测量的顶角、方位角及工具面向角，计算出测点的空间位置，并随时进行调整，以确保导向钻孔沿设计轨迹施工。

钻机必须先进行试运转，确定各部分运转正常后方可钻进；钻孔时应匀速钻进，并严格控制钻进给进力和钻进方向。钻进应保持钻头正确姿态，发生偏差应及时纠正，且采用小角度逐步纠偏；钻孔的轨迹偏差不得大于终孔直径，超出误差允许范围宜退回进行纠偏。

第一根钻杆入土钻进时，应采取轻压慢转的方式，稳定钻进导入位置和保证入土角，且入土段和出土段应为直线钻进，其直线长度宜控制在 20m 左右。每进一根钻杆应进行钻进距离、深度、侧向位移等的导向探测，曲线段和有相邻管线段应加密探测。

（2）扩孔、清孔施工要点：

导向孔施工完成后，应根据待铺设管线的管径等选择扩孔钻头。扩孔钻头连接顺序为：钻杆、扩孔钻头、分动器、转换卸扣、钻杆。扩孔的目的是将孔径扩大至能容纳所要铺设的生产管线大小要求，最终扩孔直径大小应根据地层条件和生产管道类型确定。实践经验表明：孔扩不是越大越好。根据终孔孔径、管道曲率半径、土层条件、设备能力扩孔可一次完成或分多次完成。

1）扩孔施工应根据地层条件，选择不同的回扩钻头。软土层可使用铣刀型扩孔钻头或组合型扩孔钻头，硬土层和岩层可使用组合型扩孔钻头、硬质合金扩孔钻头或牙轮扩孔钻头。

2）扩孔方式；分次扩孔时每次回扩的级差宜控制在 100～150mm，终孔孔径宜控制在回拖管节外径的 1.2～1.5 倍。

3）回扩从出土点向入土点进行，扩孔应严格控制回拉力、转速、泥浆流量等技术参数，确保成孔稳定和线形要求，无坍孔、缩孔等现象。管线铺设之前应作一次或多次清孔，清除扩孔后孔内残留的泥渣，避免导致施工失败。

（3）管线铺设施工要点：

扩孔孔径达到终孔要求、清孔完成后应及时进行回拖管道施工。准备管线回拉铺设施工前，检查已焊接完成的管线长度、焊缝、防腐。回拖管段的质量、拖拉装置安装及其与管段连接等经检验合格后，方可进行拖管。

回拖应从出土点向入土点连续进行，应采用匀速慢拉的方法，严禁硬拉硬拖，严格控制钻机回拖力、扭矩、泥浆流量、回拖速率等技术参数。回拖过程中应有发送装置，避免管段与地面直接接触和减小摩擦力；发送装置可采用水力发送沟、滚筒管架发送道等形式，并确保进入地层前的管段曲率半径在允许范围内。管道进入设计位置后，钻孔与管道之间的空隙宜进行填充。

（4）定向钻施工的泥浆（液）配制要点：

导向钻进、扩孔及回拖时，及时向孔内注入泥浆（液）。泥浆（液）的材料、配合比和技术性能指标应满足施工要求，并可根据地层条件、钻头技术要求、施工步骤进行调整。泥浆（液）的压力和流量应按施工步骤分别进行控制。

泥浆（液）应在专用的搅拌装置中配制，并通过泥浆循环池使用；从钻孔中返回的泥浆经处理后回用，剩余泥浆应妥善处置。

（5）出现下列情况时必须停止作业，待问题解决后方可继续作业：

1）设备无法正常运行或损坏，钻机导轨、工作井变形。

2）钻进轨迹发生突变、钻杆发生过度弯曲。

3）回转扭矩、回拖力等突变，钻杆扭曲过大或拉断。

4）坍孔、缩孔。

5）待回拖管表面及钢管外防腐层损伤。

6）遇到未预见的障碍物或意外的地质变化。

7）地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制允许值。

（二）夯管铺管技术要点

夯管施工是利用特殊的设备，将钢管沿着设计路线夯进的施工方法。夯进的管道应为钢管，在燃气管道铺设中，夯进管道一般作为钢套管使用。夯管长度一般不超过 80m。在卵石层、杂填土层中夯进，地层中最大卵砾石粒径或最大块状物的尺寸不得超过 0.5 倍的夯进管外径。

1. 一般要求

（1）施工前应对施工区域地质条件、地下管线和周边障碍物进行调查、复核，在调查的基础上编制施工组织设计。

（2）穿越城市道路时，夯管覆土不小于 2 倍管径，且不得小于 1.0m。夯入钢管的壁厚应符合设计要求，夯管锤应根据管径、夯管长度、地质条件等选择夯管锤外径。

2. 夯进施工前准备要点

（1）工作井结构施工符合要求，其尺寸应满足单节管长安装、接口焊接作业、夯管锤及辅助设备布置、气动软管弯曲等要求。

（2）气动系统、各类辅助系统的选择及布置符合要求，管路连接结构安全、无泄漏，阀门及仪器仪表的安装和使用安全可靠。

（3）工作井内的导轨安装方向与管道轴线一致，安装稳固、直顺，确保夯进过程中导轨无位移和变形。

（4）成品钢管及外防腐层质量检验合格，接口外防腐层补口材料准备就绪。

（5）连接器与穿孔机、钢管刚性连接牢固、位置正确、中心轴线一致，第一节钢管顶入端的管靴制作和安装符合要求。

（6）设备、系统经检验、调试合格后方可使用；滑块与导轨面接触平顺、移动平稳。

（7）进、出洞口范围土体稳定。

3. 夯进施工要点

（1）开始夯进时应先进行试夯，试夯长度宜为 3～5m，试夯时应控制供气量慢速夯进，正常夯进时可增加供气量。第一节管入土层时应检查设备运行工作情况，并控制管道轴线位置。首节管宜设置管靴。管靴宜采用焊接的方式制作，管靴外径宜大于被夯管外径 15～25mm，管靴内径宜小于被夯管内径 15～25mm。管靴后宜设置减阻泥浆注浆孔。夯进中，一般采取在管外壁注润滑液或涂抹润滑脂等减阻措施。正常夯进前应测量管道（线）中心线的偏差，夯进结束后应进行贯通测量。

（2）第一节管夯至规定位置后，将连接器与第一节管分离，吊入第二节管与第一节管进行接口焊接；后续管节每次夯进前，应待已夯入管与吊入管的管节接口焊接完成，按设计要求进行焊缝质量检验和外防腐层补口施工后，方可与连接器及穿孔机连接夯进施工。

（3）管节夯进过程中应严格控制气动压力、夯进速率，气压必须控制在穿孔机工作气

压的定值内，并应及时检查导轨变形情况以及设备运行、连接器连接、导轨面与滑块接触情况等。

（4）夯管完成后进行排土作业，排土方式采用人工结合机械方式；小口径管道可采用气压、水压方法；排土完成后应进行余土、残土的清理。

（5）出现下列情况时必须停止作业，待问题解决后方可继续作业：

1）设备无法正常运行或损坏，导轨、工作井变形。

2）气动压力超出规定值。

3）穿孔机在正常的工作气压、频率、冲击功等条件下，管节无法夯入或变形、开裂。

4）钢管夯入速率突变。

5）连接器损伤、管节接口破坏。

6）遇到未预见的障碍物或意外的地质变化。

7）地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制值。

1K415033 燃气管网附属设备安装要点

为了保证管网的安全运行，并考虑到检修、接线的需要，在管道的适当地点设置必要的附属设备。这些设备包括阀门、补偿器、凝水缸、放散管等。

一、阀门

（一）阀门特性

（1）阀门是管道的主要附件之一，是用于启闭管道通路或调节管道介质流量的设备。

（2）阀体的机械强度高，转动部件灵活，密封部件严密耐用，对输送介质的抗腐性强。

（3）阀体上通常有标志，箭头所指方向即介质的流向，必须特别注意，不得装反。

（4）要求介质单向流通的阀门有：安全阀、减压阀、止回阀等。

（5）要求介质由下而上通过阀座的阀门有截止阀等，其作用是为了便于开启和检修。

（二）阀门安装要求

（1）根据阀门工作原理确定其安装位置，否则阀门就不能有效地工作或不起作用。

（2）从长期操作和维修方面考量选定安装位置，尽可能方便操作维修，同时还要考虑到组装外形美观。

（3）阀门手轮不得向下；落地阀门手轮朝上，不得歪斜；在工艺允许的前提下，阀门手轮宜位于齐胸高，以便于启阀；明杆闸阀不要安装在地下，以防腐蚀。

（4）安装位置有特殊要求的阀门，如减压阀要求直立地安装在水平管道上，不得倾斜；安全阀也应垂直安装。

（5）安装时，与阀门连接的法兰应保持平行，其偏差不应大于法兰外径的1.5‰，且不得大于2mm。

（6）严禁强力组装，安装过程中应保证受力均匀，阀门下部应根据设计要求设置承重支撑。

（7）安装前应做强度和严密性试验，合格后方可安装。

二、补偿器

（一）补偿器特性

（1）补偿器作用是消除管段的胀缩应力。

（2）通常安装在架空管道上。

（二）安装要求

（1）补偿器常安装在阀门的下侧（按气流方向），利用其伸缩性能，方便阀门的拆卸和检修。

（2）安装应与管道同轴，不得偏斜；不得用补偿器变形调整管位的安装误差。

三、凝水缸与放散管

（一）凝水缸

（1）凝水缸的作用是排除燃气管道中的冷凝水和石油伴生气管道中的轻质油。

（2）管道敷设时应有一定坡度，以便在低处设凝水缸，将汇集的水或油排出。

（二）放散管

（1）放散管是一种专门用来排放管道内部的空气或燃气的装置。

（2）在管道投入运行时，利用放散管排出管内的空气。在管道或设备检修时，可利用放散管排放管内的燃气，防止在管道内形成爆炸性的混合气体。

四、阀门井

为保证管网的安全与操作方便，燃气管道的地下阀门宜设置阀门井。阀门井应坚固耐久，有良好的防水性能，并保证检修时有必要的空间。井筒结构可采用砌筑、现浇混凝土、预制混凝土等结构形式。

1K415034 燃气管道功能性试验的规定

燃气管道在安装过程中和投入使用前应进行管道功能性试验，必须进行管道吹扫、强度试验和严密性试验。进行强度试验和严密性试验时，所发现的缺陷必须待试验压力降至大气压后方可进行处理，处理后应重新进行试验。

一、管道吹扫

管道及其附件组装完成并在试压前，应按设计要求进行气体吹扫或清管球清扫。气体吹扫每次吹扫管道长度不宜超过500m，管道超过500m时宜分段吹扫。吹扫压力不得大于管道的设计压力，且不应大于0.3MPa。气体流速宜大于20m/s。吹扫球应按介质流动方向进行，以避免补偿器内套筒被破坏。吹扫结果可用贴有纸或白漆的木靶板置于吹扫口检查，5min内靶上无铁锈脏物则认为合格。吹扫后，将集存在阀室放散管内的脏物排出，清扫干净。

二、强度试验

（一）试验前应具备条件

（1）试验用的压力计及温度记录仪经校验合格，并在有效期内。

（2）编制的试验方案已获批准，有可靠的通信系统和安全保障措施，已进行了技术交底。

1）强度试验压力和介质应符合表1K415034-1的规定。

强度试验压力和介质　　表1K415034-1

管道类型	设计压力 *PN*（MPa）	试验介质	试验压力（MPa）
钢管	*PN* > 0.8	清洁水	1.5*PN*
	PN ≤ 0.8	压缩空气	1.5*PN* 且不小于0.4
球墨铸铁管	*PN*		1.5*PN* 且不小于0.4

续表

管道类型	设计压力 *PN*（MPa）	试验介质	试验压力（MPa）
钢骨架聚乙烯复合管	*PN*	压缩空气	1.5*PN* 且不小于 0.4
聚乙烯管	*PN*（SDR11）		1.5*PN* 且不小于 0.4
	PN（SDR17.6）		1.5*PN* 且不小于 0.2

2）管道应分段进行压力试验，试验管道分段最大长度应按表 1K415034-2 的规定。

管道试压分段最大长度　　表 1K415034-2

设计压力 *PN*（MPa）	试验管道最大长度（m）
$PN \leq 0.4$	1000
$0.4 < PN \leq 1.6$	5000
$1.6 < PN \leq 4.0$	10000

（3）管道焊接检验、清扫合格。

（4）埋地管道回填土宜回填至管上方 0.5m 以上，并留出焊口。

（5）管道试验用仪表安装完毕，且符合规范要求：

1）试验用压力计的量程应为试验压力的 1.5～2 倍，其精度不得低于 1.5 级。

2）压力计及温度记录仪表均不应少于两块，并应分别安装在试验管道的两端。

（二）气压试验

当管道设计压力小于或等于 0.8MPa 时，试验介质宜为空气。试验压力应为设计压力的 1.5 倍，但不得低于 0.4MPa。当压力达到规定值后，应稳压 1h，然后用肥皂水对管道接口进行检查，全部接口均无漏气为合格。

（三）水压试验

（1）当管道设计压力大于 0.8MPa 时，试验介质应为清洁水，试验压力不得低于 1.5 倍设计压力。水压试验时，试验管段任何位置的管道环向应力不得大于管材标准屈服强度的 90%。架空管道采用水压试验前，应核算管道及其支撑结构的强度，必要时应临时加固。试压宜在环境温度 5℃以上进行，否则应采取防冻措施。

（2）试验压力应逐步缓升，首先升至试验压力的 50%，进行初检，如无泄漏、无异常，继续升压至试验压力，然后宜稳压 1h 后，观察压力计不少于 30min，无压力降为合格。

（3）水压试验合格后，应及时将管道中的水放（抽）净，并按《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33—2005 要求进行管道吹扫。

三、严密性试验

强度试验合格、管线全线回填后，进行严密性试验。

（一）试验压力应满足下列要求

（1）设计压力小于 5kPa 时，试验压力应为 20kPa。

（2）设计压力大于或等于 5kPa 时，试验压力应为设计压力的 1.15 倍，且不得小于 0.1MPa。

（二）试验

（1）试验设备向所试验管道充气逐渐达到试验压力，升压速度不宜过快。

（2）设计压力大于0.8MPa的管道试压，压力缓慢上升至30%和60%试验压力时，应分别停止升压，稳压30min，并检查系统有无异常情况，如无异常情况继续升压。管内压力升至严密性试验压力后，待温度、压力稳定后开始记录。

（3）稳压的持续时间应为24h，每小时记录不应少于1次，采用水银压力计时修正压力降不超过133Pa为合格，采用电子压力计时压力无变化为合格。修正压力降应按公式（1K415034）确定：

$$\Delta P'=(H_1+B_1)-(H_2+B_2)\frac{273+t_1}{273+t_2} \quad (1K415034)$$

式中 $\Delta P'$——修正压力降（Pa）；

H_1、H_2——试验开始和结束时的压力计读数（Pa）；

B_1、B_2——试验开始和结束时的气压计读数（Pa）；

t_1、t_2——试验开始和结束时的管内介质温度（℃）。

【案例1K415034】

1. 背景

某新建经济技术开发区综合市政配套工程，一期主干道长2.5km，其下敷设有*DN*1200mm雨水、*DN*1000mm污水、*DN*500mm给水（钢管）、*DN*400mm次高压B燃气（钢管）、*DN*300mm供热（钢管）等管道工程。计划工期为2004年3月1日—2004年6月10日。由于拆迁拖期、专业管线施工发生质量返工，致使工期延误，6月15日各专业管线才完工，使沥青混凝土道路工程处于雨期施工。

2. 问题

（1）在专业分包选择施工单位时，供热管道施焊单位应具备什么条件？

（2）污水、给水、供热、燃气管道的功能性试验包括什么项目？简述本工程燃气管道工程功能性试验技术要点。

（3）叙述道路工程雨期施工特点及质量控制要求。

3. 参考答案

（1）根据《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28—2014第5.7.4条与第5.7.5条的规定，施焊的单位应符合下列要求：

1）应有负责焊接工艺的焊接技术人员、检查人员和检验人员。

2）应有符合焊接工艺要求的焊接设备且性能应稳定可靠。

3）应有保证焊接工程质量达到标准的措施。

（2）污水管道：采用闭水试验方法进行管道严密性检验。

给水管道和供热管道：应进行水压试验。

燃气管道：需进行吹扫、强度试验和严密性试验。

本工程功能性试验的技术要求有：

1）强度试验：试验压力为设计输气压力的1.5倍，但不得低于0.4MPa，采取气压试验。当压力达到规定值后，应稳压1h，然后用肥皂水对管道接口进行检查，全部接口均无漏气现象认为合格。若有漏气处，可放气后进行修理，修理后再次试验，直至合格。

2）严密性试验：试验需在燃气管道全部安装完成且填土至管顶0.5m以上后才可进行。试验压力应为设计压力的1.15倍，但不得低于0.1MPa。严密性试验前应向管道内充气至试验压力。试验持续时间一般不少于24h，修正压力降不超过133Pa为合格。

3）燃气管道应与相邻管道功能性试验协调安排，最好在其后进行。

（3）道路雨期施工特点及质量要求：

1）雨期施工准备：

以预防为主，掌握天气预报和施工主动权。

工期安排紧凑，集中力量打歼灭战。

做好排水系统，防、排相结合。

准备好防雨物资，如篷布、罩棚等。

加强巡逻检查，发现积水、挡水处，及时疏通。道路工程如有损坏，应及时修复。

2）施工特点及质量控制要求：

土路基：有计划地集中力量，组织快速施工，分段开挖，切忌全面开挖或战线过长。挖方地段要留好横坡，做好截水沟。坚持当天挖完、填完、压完，不留后患。因雨翻浆地段，坚决换料重做。路基填土施工，应按2%～4%以上的横坡整平压实，以防积水。

基层：对稳定材料基层，应坚持拌多少、铺多少、压多少、完成多少。下雨来不及完成时，也要碾压1～2遍，防止雨水渗透。

面层：沥青面层不允许下雨时或下层潮湿时施工。雨期应缩短施工长度，加强工地现场与沥青拌合厂联系，应做到及时摊铺、及时完成碾压。

1K415040 城市综合管廊

1K415041 综合管廊工程结构类型和特点

一、综合管廊定义与断面布置

（一）综合管廊定义

建于城市地下用于容纳两类及以上城市工程管线的构筑物及附属设施。

综合管廊工程建设应以综合管廊工程规划为依据，遵循“规划先行、适度超前、因地制宜、统筹兼顾”的原则。

综合管廊工程规划应集约利用地下空间，统筹规划综合管廊内部空间，协调综合管廊与其他地上、地下工程的关系。

综合管廊应统一规划、设计、施工和维护，并应满足管线的使用和运营维护要求。给水、雨水、污水、再生水、天然气、热力、电力、通信等城市工程管线可纳入综合管廊。

综合管廊附属设施包括消防系统、通风系统、供电系统、照明系统、监控与报警系统、排水系统、标识系统等。

（二）综合管廊分类

（1）当遇到下列情况之一时，宜采用综合管廊形式规划建设：

1）交通运输繁忙或地下管线较多的城市主干道以及配合轨道交通、地下道路、城市

地下综合体等建设工程地段。

2）城市核心区、中央商务区、地下空间高强度成片集中开发区、重要广场、主要道路的交叉口、道路与铁路或河流的交叉处、过江隧道等。

3）道路宽度难以满足直埋敷设多种管线的路段。

4）重要的公共空间。

5）不宜开挖路面的路段。

（2）综合管廊一般分为干线综合管廊、支线综合管廊、缆线综合管廊三种。

干线综合管廊用于容纳城市主干工程管线，采用独立分舱方式建设。

支线综合管廊用于容纳城市配给工程管线，采用单舱或双舱方式建设。

缆线综合管廊采用浅埋沟道方式建设，设有可开启盖板但其内部空间不能满足人员正常通行要求，用于容纳电力电缆和通信线缆。

干线综合管廊宜设置在机动车道、道路绿化带下面。支线综合管廊宜设置在道路绿化带、人行道或非机动车道下。缆线综合管廊宜设置在人行道下。

综合管廊覆土深度应根据地下设施竖向综合规划、行车荷载、绿化种植及当地的冰冻深度等因素综合确定。

（三）综合管廊断面布置

综合管廊的标准断面形式应根据容纳的管线种类及规模、建设方式、预留空间等确定，应满足管线安装、检修、维护作业所需要的空间要求。

（1）天然气管道应在独立舱室内敷设。

（2）热力管道采用蒸汽介质时应在独立舱室内敷设。

（3）热力管道不应与电力电缆同仓敷设。

（4）110kV 及以上电力电缆不应与通信电缆同侧布置。

（5）给水管道与热力管道同侧布置时，给水管道宜布置在热力管道下方。

（6）进入综合管廊的排水管道应采取分流制，雨水纳入综合管廊可利用结构本体或采用管道方式；污水应采用管道排水方式，宜设置在综合管廊底部。

（7）综合管廊每个舱室应设置人员出入口、逃生口、吊装口、进风口、排风口、管线分支口等。

（8）综合管廊管线分支口应满足预留数量、管线进出、安装敷设作业的要求。

（9）压力管道进出综合管廊时，应在综合管廊外部设置阀门。

（10）综合管廊应预留管道排气阀、补偿器、阀门等附件在安装、运行、维护作业时所需要的空间。

二、综合管廊结构类型

（1）根据《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838—2015 要求，综合管廊的结构设计使用年限为 100 年，结构安全等级为一级。

（2）综合管廊结构类型分现浇混凝土综合管廊和预制拼装综合管廊结构两种。

现浇混凝土综合管廊结构为采用现场整体浇筑混凝土的综合管廊。预制拼装综合管廊结构为工厂内分节段浇筑成型，现场采用拼装工艺施工成为整体的综合管廊。

三、综合管廊特点

（1）综合管廊缓解了直埋管线存在的各种问题，如：

1）检修及敷设管线需不断破挖路面。

2）各种管线分属不同部门管理，信息不畅，重复建设。

3）直埋管线与土壤接触，易造成管线腐蚀、损坏。

4）电力线缆占地大，影响城市规划及市容，且高压线易造成电磁辐射污染。

（2）综合性强。综合管廊入廊范围涵盖了给水、雨水、污水、再生水、天然气、热力、电力、通信等城市工程管线。

（3）自动化程度高。管廊运营采用信息化管理，安装有感应器和探测器，运行状况即时反映在主控室，各种管线每一段的运行情况一目了然。人员或动物一进入管廊即被发现并标明其所在位置。

（4）综合管廊建设采用整体规划，可实现规模化、网络化，并使城市功能更加完善，地下空间有序管理。

（5）与管廊同步建设的地下空间设施如交通等将强化统筹，城市抗风险能力大大提高。

1K415042　综合管廊工程施工方法选择

综合管廊主要施工方法有明挖法、盖挖法、盾构法和喷锚暗挖法（矿山法）等。

新城区一般采用明挖法施工；城市老（旧）城区综合管廊建设宜结合地下空间开发、旧城改造、道路改造、地下主要管线改造等项目同步进行，宜采用明挖法和盖挖法施工；当场地条件或周边环境条件受限时可采用盾构法、喷锚暗挖法等方法施工。

（1）明挖法：

参见本书 1K413020 明挖基坑施工相关内容。

（2）盾构法：

参见本书 1K413030 盾构法施工相关内容。

（3）喷锚暗挖法：

参见本书 1K413040 喷锚暗挖（矿山）法施工相关内容。

1K415043　综合管廊工程施工技术

一、施工准备

（1）施工前应熟悉和审查施工图纸，并应掌握设计意图与要求。应实行自审、会审（交底）和签证制度。对施工图有疑问或发现差错时，应及时提出意见和建议。当需变更设计时，应按相应程序报审，并应经相关单位签证认定后实施。

（2）施工前应根据工程需要进行下列调查：

1）现场地形、地貌、地下管线、地下构筑物、其他设施和障碍物情况。

2）工程用地、交通运输、施工便道及其他环境条件。

3）施工给水、雨水、污水、动力及其他条件。

4）工程材料、施工机械、主要设备和特种物资情况。

5）地表水水文资料，在寒冷地区施工时尚应掌握地表水的冻结资料和土层冰冻资料。

6）与施工有关的其他情况和资料。

（3）材料：

1）综合管廊工程中所使用的材料应根据结构类型、受力条件、使用要求和所处环境等选用，并应考虑耐久性、可靠性和经济性。

2）主要材料宜采用高性能混凝土、高强度钢筋。当地基承载力良好、地下水位在综合管廊底板以下时，可采用砌体材料。

① 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30。预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C40。地下工程部分宜采用自防水混凝土。

② 砌体结构所用的石材强度等级不应低于 MU40，并应质地坚实，无风化削层和裂纹；砌筑砂浆强度等级应符合设计要求，且不应低于 M10。

3）综合管廊附属工程和管线所用材料及施工要求应满足设计要求和现行国家及行业标准规范要求。其中天然气管道应采用无缝钢管，热力管道应采用钢管，保温层及外护管紧密结合成一体的预制管，电力电缆应采用阻燃电缆或不燃电缆，通信线缆应采用阻燃线缆。

二、现浇钢筋混凝土结构

（1）综合管廊模板施工前，应根据结构形式、施工工艺、设备和材料供应条件进行模板及支架设计。模板及支撑的强度、刚度及稳定性应满足受力要求。模板工程应编制专项施工方案，超过一定规模的危险性较大的分部分项工程（模板工程及支撑体系）应组织专家论证会对专项施工方案进行论证。

（2）混凝土的浇筑应在模板和支架检验合格后进行。入模时应防止离析。连续浇筑时，每层浇筑高度应满足振捣密实的要求。预留孔、预埋管、预埋件及止水带等周边混凝土浇筑时，应辅助人工插捣。

（3）混凝土底板和顶板，应连续浇筑不得留置施工缝。设计有变形缝时，应按变形缝分仓浇筑。

（4）混凝土施工质量验收应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的有关规定。

三、预制拼装钢筋混凝土结构

（1）预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和必要的试验检测手段。

（2）构件堆放的场地应平整夯实，并应具有良好的排水措施。

（3）构件的标识应朝向外侧。

（4）构件运输及吊装时，混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时，不应低于设计强度的 75%。

（5）预制构件安装前应对其外观、裂缝等情况进行检验，并应按设计要求及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的有关规定进行结构性能检验。

（6）预制构件安装前，应复验合格。当构件上有裂缝且宽度超过 0.2mm 时，应进行鉴定。

（7）预制构件和现浇结构之间、预制构件之间的连接应按设计要求进行施工。

（8）预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及《钢结构设计标准》GB 50017—2017、《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205—2020 和《钢结构通用规范》GB 55006—2021 的有关规定。

四、预应力工程

参见本书 1K420134 条五、内容。

五、附属结构

参见本书 1K420134 条九、内容。

六、砌体结构

（1）砌体结构中的预埋管、预留洞口结构应采取加强措施，并应采取防渗措施。

（2）砌体结构的砌筑施工除符合本节规定外，尚应符合《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203—2011 及《砌体结构通用规范》GB 55007—2021 的相关规定和设计要求。

七、基坑回填

（1）基坑回填应在综合管廊结构及防水工程验收合格后进行。回填材料应符合设计要求及国家现行标准的有关规定。

（2）综合管廊两侧回填应对称、分层、均匀。管廊顶板上部 1000mm 范围内回填材料应采用人工分层夯实，大型碾压机不得直接在管廊顶板上部施工。

八、维护管理

（一）维护

（1）综合管廊建成后，应由专业单位进行日常管理。综合管廊的日常管理单位应建立健全维护管理制度和工程维护档案，并应会同各专业管线单位编制管线维护管理办法、实施细则及应急预案。

（2）综合管廊内的各专业管线单位应配合综合管廊日常管理单位工作，确保综合管廊及管线的安全运营。各专业管线单位应编制所属管线的年度维护维修计划，并应报送综合管廊日常管理单位，经协调后统一安排管线的维修时间。

（3）综合管廊内实行动火作业时，应采取防火措施。

（4）综合管廊内给水排水管道的维护管理应符合现行行业标准有关规定。利用综合管廊结构本体的雨水渠，每年非雨季清理疏通不应少于两次。

（5）综合管廊投入运营后应定期检测评定，对综合管廊本体、附属设施、内部管线设施的运行状况应进行安全评估，并应及时处理安全隐患。

（6）综合管廊的巡视维护人员应采取防护措施，配备防护装备，并应严格遵守《有限空间安全作业指导手册》（由应急厅函〔2020〕299 号发布）相关要求。

（7）城市其他建设工程施工需要搬迁、改建综合管廊设施时，应报经城市建设主管部门批准后方可实施。

（8）城市其他建设工程毗邻综合管廊设施，应按有关规定预留安全距离，并应采取施工安全保护措施。

（二）资料

（1）综合管廊建设、运营维护过程中，档案资料的存放、保管应符合国家现行标准的有关规定。

（2）综合管廊建设期间的档案资料应由建设单位负责收集、整理、归档。建设单位应及时移交相关资料。维护期间，应由综合管廊日常管理单位负责收集、整理、归档。

（3）综合管廊相关设施进行维修及改造后，应将维修和改造的技术资料整理、存档。

1K416000 生活垃圾处理工程

1K416010 生活垃圾填埋处理工程施工

1K416011 生活垃圾填埋场填埋区结构特点

生活垃圾卫生填埋场是指用于处理、处置城市生活垃圾的，带有阻止垃圾渗沥液泄漏的人工防渗膜和渗沥液处理或预处理设施设备，且在运行、管理及维护直至最终封场关闭过程中符合卫生要求的垃圾处理场地。

一、生活垃圾卫生填埋场的一般规定

（1）填埋场应配置垃圾坝、防渗系统、地下水与地表水收集导排系统、渗沥液收集导排系统、填埋作业、封场覆盖及生态修复系统、填埋气导排处理与利用系统、安全与环境监测、污水处理系统、臭气控制与处理系统等。

（2）填埋场应设置围栏、大门等设施，防止自由进入现场非法倾倒，发生安全事故。

二、生活垃圾卫生填埋场填埋区的结构形式

设置在垃圾卫生填埋场填埋区中的渗沥液防渗系统和收集导排系统，在垃圾卫生填埋场的使用期间和封场后的稳定期限内，起着将垃圾堆体产生的渗沥液屏蔽在防渗系统上部，并通过收集导排和导入处理系统实现达标排放的重要作用。

防渗系统结构可分为单层防渗系统结构和双层防渗系统结构。单层防渗系统基本结构包括渗沥液收集导排系统、防渗层及上下保护层和基础层。双层防渗系统基本结构包括渗沥液导排系统、主防渗层及上下保护层、渗沥液检测层、次防渗层及上下保护层和基础层。应根据需要设置地下水导排系统和反滤层。单层防渗系统结构形式如图 1K416011 所示。

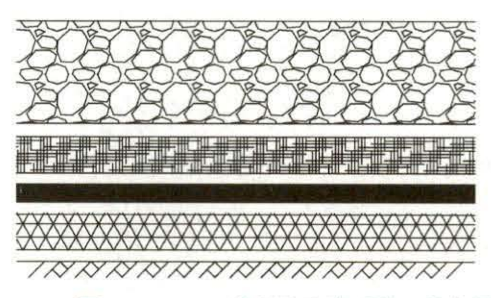


图 1K416011 渗沥液防渗系统、收集导排系统断面示意图

位于地下水贫乏地区的防渗系统可采用单层高密度聚乙烯土工膜衬里结构，也可采用高密度聚乙烯土工膜加膨润土防水毯形成的复合防渗衬里结构。防渗层下方应设置黏土保护层。

在特殊地质及环境要求较高的地区，应采用双层防渗结构。上层防渗层应为主防渗层，下层防渗层应为次防渗层，二层中间应设置渗沥液检测层。

1K416012 生活垃圾填埋场填埋区防渗层施工技术

本条简要介绍生活垃圾填埋场填埋区防渗层施工技术要求。

防渗层是由透水性小的防渗材料铺设而成，渗透系数小、稳定性好、价格便宜是防

渗材料选择的依据。目前，常用的有四种：黏土、膨润土、土工膜、土工织物膨润土垫（GCL）。

一、泥质防水层施工

泥质防水层施工技术的核心是掺加膨润土的拌合土层施工技术。理论上，土壤颗粒越细，含水量适当，密实度高，防渗性能就越好。膨润土是一种以蒙脱石为主要矿物成分的黏土岩，膨润土含量越高抗渗性能越好。但膨润土是一种比较昂贵的矿物，且土壤如果过分筛选，会增大投资成本，因此实际做法是：选好土源，检测土壤成分，通过做不同掺量的土样，优选最佳配合比；做好现场拌合工作，严格控制含水率，保证压实度；分层施工同步检验，严格执行验收标准，不符合要求的坚决返工。施工单位应根据上述内容安排施工程序和施工要点。

（一）施工程序

一般情况下，泥质防水层施工程序见图 1K416012-1。



图 1K416012-1 泥质防水层的施工程序（注：膨润土垫的施工程序与泥质防水层施工程序相同）

（二）质量技术控制要点

1. 施工队伍的资质与业绩

选择施工队伍时应审查施工单位的资质：营业执照、专业工程施工许可证、质量管理水平是否符合本工程的要求；从事本类工程的业绩和工作经验；合同履约情况是否良好（不合格者不能施工）。通过对施工队伍资质的审核，保证有相应资质、作业能力的施工队伍进场施工。

2. 膨润土进货质量

应采用材料招标方法选择供货商，审核生产厂家的资质，核验产品出厂三证（产品合格证、产品说明书、产品试验报告单），进货时进行产品质量检验，组织产品质量复验或见证取样，确定合格后方可进场。进场后注意产品保护。通过严格控制，确保关键原材料合格。

3. 膨润土掺加量的确定

应在施工现场内选择土壤，通过对多组配合土样的对比分析，优选出最佳配合比，达到既能保证施工质量，又可节约工程造价的目的。

4. 拌合均匀度、含水量及碾压压实度

应在操作过程中确保掺加膨润土数量准确，拌合均匀，机拌不能少于 2 遍，含水量最大偏差不宜超过 2%，振动压路机碾压控制在 4～6 遍，碾压密实。

5. 质量检验

应严格按照合同约定的检验频率和质量检验标准同步进行，检验项目包括压实度试验和渗水试验两项。

二、膨润土防水毯铺设

（一）膨润土防水毯选用

（1）用于垃圾填埋场防渗系统工程的膨润土防水毯应使用钠基膨润土防水毯，可选用天然钠基膨润土防水毯或人工钠基膨润土防水毯。选用的钠基膨润土防水毯除应符合《钠基膨润土防水毯》JG/T 193—2006 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1）膨润土体积膨胀度不应小于 24mL/（2g）；

2）抗拉强度不应小于 800N/（100mm）；

3）抗剥强度不应小于 65N/（10cm）；

4）渗透系数应小于 5×10^{-11}m/s；

5）抗静水压力 0.4MPa/1h, 无渗漏。

（2）应根据防渗要求选用粉末型膨润土防水毯或颗粒型膨润土防水毯，防渗要求高的工程中应优先选用粉末型膨润土防水毯。

（3）应保证膨润土平整度，并防止缺土。

（4）垃圾填埋场防渗系统工程中的膨润土防水毯应表面平整、厚度均匀，无破洞、破边现象。针刺类产品的针刺应均匀密实，并应无残留断针。

（二）膨润土防水毯施工

（1）膨润土防水毯应贮存在防水、防潮、干燥、通风的库房内，并应避免暴晒、直立与弯曲。未正式施工铺设前严禁拆开包装。贮存和运输过程中，必须注意防潮、防水、防破损漏土。膨润土防水毯不应在雨雪天气下施工。

（2）膨润土防水毯施工应符合下列规定：

1）应自然与基础层贴实，不应折皱、悬空；

2）应以品字形分布，不得出现十字搭接；

3）边坡施工应沿坡面铺展，边坡不应存在水平搭接。

（3）施工时，卷材宜绕在刚性轴上，借挖土机、装载机结合专用框架起吊铺设，应铺放平整无折皱，不得在地上拖拉，不得直接在其上行车；当边坡铺设膨润土防水毯时，严禁沿边坡向下自由滚落铺设。坡顶处材料应埋入锚固沟锚固。

（4）膨润土防水毯的连接应符合下列规定：

1）现场铺设的连接应采用搭接。搭接膨润土防水毯应在下层膨润土防水毯的边缘 150mm 处撒上膨润土粉状密封剂，其宽度宜为 50mm, 重量宜为 $0.5kg/m^2$。当膨润土防水毯材料的一面为土工膜时，应焊接。

2）膨润土防水毯及其搭接部位应与基础层贴实且无折皱和悬空。

3）搭接宽度为（250±50）mm。

4）局部可用钠基膨润土粉密封。

5）坡面铺设完成后，应在底面留下不少于 2m 的膨润土防水毯余量。

（5）膨润土防水毯铺设时，应随时检查外观有无缺陷，当发现缺陷时，应及时采取修补措施，修补范围宜大于破损范围 300mm。膨润土防水毯如有撕裂等损伤应全部更换。

（6）膨润土防水毯在管道或构筑立柱等特殊部位施工，可首先裁切以管道直径加 500mm 为边长的方块，再在其中心裁剪直径与管道直径等同的孔洞，修理边缘后使之紧密套在管道上；然后在管道周围与膨润土防水毯的接合处均匀撒布或涂抹膨润土粉。方形

构筑物处的施工可参照上述方法执行。遇有贯穿物或与结构物连接处，膨润土防水毯与周边接触处应密闭。

（7）在膨润土防水毯施工完成后，应采取有效的保护措施，任何人员不得穿钉鞋等在上面踩踏，车辆不得直接在上面碾压。验收以后，应做好防水、防潮保护。

三、聚乙烯（HDPE）膜防渗层施工技术

高密度聚乙烯（HDPE）膜不易被破坏、寿命长且防渗效果极强，其自身质量及焊接质量是防渗层施工质量的关键。本条简要介绍 HDPE 防渗膜施工技术要求。

（一）施工程序

如图 1K416012-2 所示。

（二）焊接工艺与焊缝检测技术

1. 焊接工艺

（1）双缝热熔焊接：

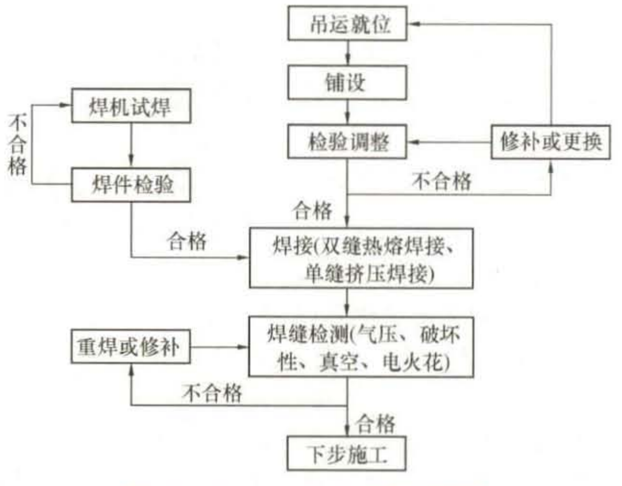


图 1K416012-2　HDPE 膜施工程序

双缝热熔焊接采用双轨热熔焊机焊接，其原理为：在膜的接缝位置施加一定温度使HDPE 膜本体熔化，在一定的压力作用下结合在一起，形成与原材料性能完全一致、厚度更大、力学性能更好的严密焊缝。其焊缝形态如图 1K416012-3 所示。



图 1K416012-3　双缝热熔焊接焊缝示意图

焊接前应去除灰尘、污物，使搭接部分保持清洁、干燥。焊接部位不得有划伤、污点、水分、灰尘以及其他妨碍焊接和影响施工质量的杂质。

（2）单缝挤压焊接：

单缝挤压焊接采用单轨挤出焊机焊接，其原理为：采用与 HDPE 膜相同材质的焊条，通过单轨挤出焊机把 HDPE 焊条熔融挤出，通过外界的压力把焊条熔料均匀挤压在已经除去表面氧化物的焊缝上。主要用于糙面膜与糙面膜之间的连接、各类修补和双轨热熔焊机无法焊接的部位。其焊缝形态如图 1K416012-4 所示。

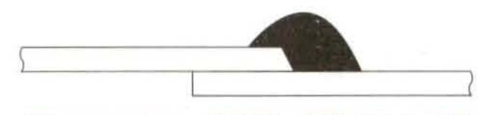


图 1K416012-4 单缝挤压焊接焊缝示意图

1）铺设前应检查接缝处基层是否平整、坚实，如有异物，应事先处理妥善。

检查焊缝处，搭接宽度不小于 60mm，接缝处的膜面应平整，松紧适中。

2）定位粘接时粘接点的间距不宜大于 60～80mm。

3）应控制热风的温度，不得将膜烫坏、不能轻易撕开。用打毛机将焊缝处 30～40mm 宽度范围内的膜面打毛，彻底清洁，形成糙面，其深度不可超过膜厚的 10%，不得损伤膜面。

4）在正式焊接之前，要取不小于 300mm×600mm 的试样，初定设备参数进行试焊。

5）切取试件进行剪切和剥离试验。

6）焊接时不得焊偏，不得滑焊、跳焊。焊缝中心的厚度为垫衬厚度的 2.5 倍，且不低于 3mm。

7）一条接缝不能连续焊完时，接槎部分已焊接焊缝应打毛不小于 50mm，然后进行搭焊。

8）使用的焊条，入机前必须保持清洁、干燥，不得用有油污、脏污的手套、脏布、棉纱等擦拭焊条。

9）根据气温情况，对焊缝及时进行冷却处理。挤压熔焊作业因故中断时，必须慢慢减少焊条挤出量，不可突然中断焊接；重新施工时应从中断处打毛再焊接。

2. 焊缝检测技术

（1）非破坏性检测技术：

HDPE 膜焊缝非破坏性检测主要有双缝热熔焊缝气压检测法和单缝挤压焊缝的真空及电火花测试法。

1）气压检测：

气压检测原理如图 1K416012-5 所示。

HDPE 膜热熔焊接的气压检测：针对热熔焊接形成双轨焊缝，焊缝中间预留气腔的特点，采用气压检测设备检测焊缝的强度和气密性。一条焊缝施工完毕后，将焊缝气腔两端封堵，用气压检测设备对焊缝气腔加压至 250kPa，维持 3～5min，气压不应低于 240kPa，然后在焊缝的另一端开孔放气，气压表指针能够迅速归零视为合格。

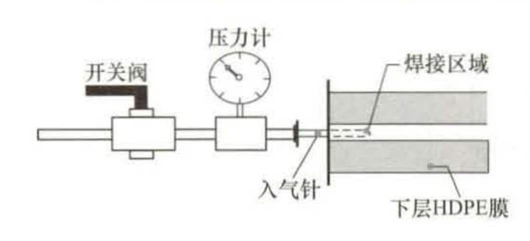


图 1K416012-5 双缝热熔焊缝气压检测示意图

2）真空检测：

真空检测是传统的老方法，即在 HDPE 膜焊缝上涂肥皂水，罩上五面密封的真空罩，用真空泵抽真空，当真空罩内气压达到 25～35kPa 时焊缝无任何泄漏视为合格。挤压焊接所形成的单轨焊缝，应采用真空检测法检测。

3）电火花检测：

HDPE 膜挤压焊缝的电火花检测等效于真空检测，适用于地形复杂的地段。在挤压焊缝中预先埋设一条 ϕ0.3～ϕ0.5mm 的细铜线，利用 35kV 的高压脉冲电源探头在距离焊

缝 10～30mm 的高度探扫，无火花出现视为合格，出现火花的部位说明有漏洞。

（2）HDPE 膜焊缝破坏性测试：

HDPE 膜焊缝强度的破坏性取样检测：针对每台焊接设备焊接一定长度，取一个破坏性试样进行室内试验分析（取样位置应立即修补），定量地检测焊缝强度质量，热熔及挤出焊缝强度合格的判定标准应符合表 1K416012-1 的规定。

热熔及挤出焊缝强度判定标准值　　表 1K416012-1

厚度（mm）	剪切		剥离	
	热熔焊（N/mm）	挤出焊（N/mm）	热熔焊（N/mm）	挤出焊（N/mm）
1.5	21.2	21.2	15.7	13.7
2.0	28.2	28.2	20.9	18.3

注：测试条件：25℃，50mm/min。

每个试样裁取 10 个 25.4mm 宽的标准试件，分别做 5 个剪切试验和 5 个剥离试验。每种试验 5 个试样的测试结果中应有 4 个符合上表中的要求，且平均值应达到上表标准、最低值不得低于标准值的 80% 方视为通过强度测试。

如不能通过强度测试，须在测试失败的位置沿焊缝两端各 6m 范围内重新取样测试，重复以上过程直至合格为止。对排查出有怀疑的部位用挤出焊接方式加以补强。

（三）HDPE 膜施工

1．HDPE 膜贮存

HDPE 膜应存放在干燥、阴凉、清洁的场所，远离热源并与其他物品分开存放。贮存时间超过 2 年以上的，使用前应进行重新检验。

2．HDPE 膜铺设

（1）《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准》GB/T 51403—2021 中的相关规定：

1）在铺设 HDPE 膜之前，应检查其膜下保护层，每平方米的平整度误差不宜超过 20mm。

2）HDPE 膜铺设时应符合下列要求：

① 铺设应一次展开到位，不宜展开后再拖动。

② 应为材料热胀冷缩导致的尺寸变化留出伸缩量。

③ 应对膜下保护层采取适当的防水、排水措施。

④ 应采取措施防止 HDPE 膜受风力影响而破坏。

⑤ HDPE 膜铺设过程中必须进行搭接宽度和焊缝质量控制，并按要求做好焊接和检验记录。监理必须全程监督膜的焊接和检验。

⑥ 施工中应注意保护 HDPE 膜不受破坏，车辆不得直接在 HDPE 膜上碾压。

（2）HDPE 膜铺设施工要点：

1）施工前做好电源线路检修、畅通；合格施工机具就位；劳动力安排就绪等一切准备工作。

2）铺膜要考虑工作面地形情况，对于凹凸不平的部分和场地拐角部位需要详细计算，

减少十字焊缝以及应力集中。铺设表面应平整，没有废渣、棱角或锋利的岩石。完工地基的上部 15cm 之内不应有石头或碎屑，地基土不应产生压痕或受其他有害影响。

3）按照斜坡上不出现横缝的原则确定铺膜方案，所用膜在边坡的顶部和底部延长不小于 1.5m，或根据设计要求。

4）为保证填埋场基底构建面不被雨水冲坏，填埋场 HDPE 膜铺设总体顺序一般为“先边坡后场底”。在铺设时应将卷材自上而下滚铺，先边坡后场底，并确保贴铺平整。用于铺放 HDPE 膜的任何设备避免在已铺好的土工合成材料上面进行工作。

5）铺设边坡 HDPE 膜时，为避免 HDPE 膜被风吹起和被拉出周边锚固沟，所有外露的 HDPE 膜边缘应及时用沙袋或者其他重物压上。

6）施工中需要足够的临时压载物或地锚（沙袋或土工织物卷材）以防止铺设的 HDPE 膜被大风吹起，避免采用会对 HDPE 膜产生损坏的物品，在有大风的情况下，HDPE 膜须临时锚固，安装工作应停止进行。

7）根据焊接能力合理安排每天铺设 HDPE 膜的数量，在恶劣天气来临前，减少展开 HDPE 膜的数量，做到能焊多少铺多少。冬期严禁铺设。

8）禁止在铺设好的 HDPE 膜上吸烟；铺设 HDPE 膜的区域内禁止使用火柴、打火机和化学溶剂或类似的物品。

9）检查铺设区域内的每片膜的编号与平面布置图的编号是否一致，确认无误后，按规定的位置，立即用沙袋进行临时锚固，然后检查膜片的搭接宽度是否符合要求，需要调整时及时调整，为下道工序做好充分准备。

10）铺设后的 HDPE 膜在进行调整位置时不能损坏安装好的防渗膜，且在 HDPE 膜调整过程中使用专用的拉膜钳。

11）HDPE 膜铺设方式应保证不会引起 HDPE 膜的折叠或褶皱。HDPE 膜的拱起会造成 HDPE 膜的严重拉长，为了避免出现褶皱，可通过对 HDPE 膜的重新铺设或通过切割和修理来解决褶皱问题。

12）应及时填写 HDPE 膜铺设施工记录表，经现场监理和技术负责人签字后存档。

13）在铺焊完的土工膜上行走时，不得穿硬底鞋，鞋上不得有铁钉、铁掌之类能伤害土工膜的东西。

14）在膜上运输时，人力车的金属支腿要用胶皮类柔软材料包覆；需要在膜上行车时，应根据膜下的基层情况采取必要的保护措施。

15）在膜上卸料时，即使有土工布保护层，也不应使重、硬的物品从高处下落，直接冲击垫衬。

16）防渗层验收合格后应及时进行下一工序的施工，以形成对防渗层的覆盖和保护。

17）不允许施工机械在土工膜上行驶。

3. HDPE 膜试验性焊接

（1）每个焊接人员和焊接设备每天在进行生产焊接之前应进行试验性焊接。

（2）在每班或每日工作之前，须对焊接设备进行清洁、重新设置和测试，以保证焊缝质量。

（3）在监理的监督下进行 HDPE 膜试验性焊接，检查焊接机器是否达到焊接要求。

（4）试焊接人员、设备、HDPE 膜材料和机器配备应与生产焊接相同。

（5）焊接设备和人员只有成功完成试验性焊接后，才能进行生产焊接。

（6）热熔焊接试焊样品规格为300mm×2000mm，挤压焊接试焊样品规格为300mm×1000mm。

（7）试验性焊接完成后，割下3块25.4mm宽的试块，测试撕裂强度和抗剪强度。

（8）当任一试块没有通过撕裂和抗剪测试时，试验性焊接应全部重做。

（9）在试焊样品上标明样品编号、焊接人员编号、焊接设备编号、焊接温度、环境温度、预热温度、日期、时间和测试结果，并填写HDPE膜试样焊接记录表，经现场监理和技术负责人签字后存档。

4. HDPE膜生产焊接

（1）通过试验性焊接后方可进行生产焊接。

（2）焊接过程中要将焊缝搭接范围内影响焊接质量的杂物清除干净。

（3）焊接中，要保持焊缝的搭接宽度，确保足以进行破坏性试验。

（4）除了在修补和加帽的地方外，坡度大于1：10处不可有横向的接缝。

（5）边坡底部焊缝应从坡脚向场底底部延伸至少1.5m。

（6）操作人员要始终跟随焊接设备，观察焊机屏幕参数，如发生变化，要对焊接参数进行微调。

（7）每一片HDPE膜要在铺设的当天进行焊接，如果采取适当的保护措施可防止雨水进入下面的地表，底部接驳焊缝，可以例外。

（8）只可使用经准许的工具箱或工具袋；除非在使用中，否则设备和工具不可以放在HDPE膜的表面。

（9）所有焊缝做到从头到尾焊接和修补，唯一例外的是锚固沟的接缝可以在坡顶下300mm的地方停止焊接。

（10）在焊接过程中，如果搭接部位宽度达不到要求或出现漏焊的地方，应该在第一时间用记号笔标示，以便做出修补。

（11）在需要采用挤压焊接时，在HDPE膜焊接的地方要除去表面的氧化物，并严格限制只在焊接的地方进行，磨平工作在焊接前不超过1h进行。

（12）临时焊接不可使用溶剂或粘合剂。

（13）通常为了避免出现拱起，边坡与底部HDPE膜的焊接应在清晨或晚上气温较低时进行。

（14）为防止大风将膜刮起、撕开，HDPE膜焊接过程中如遇到下雨，在无法确保焊接质量的情况时，对已经铺设的膜应冒雨焊接完毕，等条件具备后再用单轨焊机进行修补；施工时尽可能创造条件，使焊缝的强度尽可能高。

（15）在焊缝的旁边用记号笔清楚地标出焊缝的编号、焊接设备编号、焊接人员编号、焊接温度、环境温度、焊接速度（预热温度）、接缝长度、日期、时间，并填写HDPE膜热熔（或挤压）焊接检测记录表，经现场监理和技术负责人签字后归档。

（16）每天清扫工作地点，移走和适当处理HDPE膜安装过程中产生的碎块，并将之放进接收器内。

（17）特殊部位焊接施工，应因地制宜采取相应的处理措施。

（18）斜坡坡脚、拐弯和场底的边坡交会处铺膜时，要求地基在拐弯时圆滑顺接，不

得出现负坡；铺膜时不得使膜出现悬空状态。

（四）HDPE膜铺设工程质量验收要求

HDPE膜铺设工程质量验收应进行观感检验和抽样检验。

1．HDPE膜材料质量验收观感检验和抽样检验

（1）HDPE膜材料质量验收观感检验：

1）每卷HDPE膜卷材应标识清楚，表面无折痕、损伤，厂家、产地、性能检测报告、产品质量合格证、海运提单等资料齐全。

2）HDPE膜除应符合《垃圾填埋场用高密度聚乙烯土工膜》CJ/T 234—2006的有关规定外，还应符合下列要求：

① 厚度不应小于1.5mm。当防渗要求严格或垃圾堆高大于20m时，宜选用厚度不小于2.0mm的HDPE膜。

② 膜的幅宽不宜小于6.0m。

③ HDPE膜的外观要求应符合表1K416012-2的规定：

HDPE膜外观要求 表1K416012-2

项 目	要 求
切口	平直，无明显锯齿现象
穿孔修复点	不允许
机械（加工）划痕	无或不明显
僵块	每平方米限于10个以内，直径小于或等于2.0mm，截面上不允许有贯穿膜厚度的僵块
气泡和杂质	不允许
裂纹、分层、接头和断头	不允许
糙面膜外观	均匀，不应有结块、缺损等现象

（2）HDPE膜材料质量抽样检验：

1）应由供货单位和建设单位双方在现场抽样检查。

2）应由建设单位送到国家认证的专业机构检测。

3）每10000m^{2}为一批，不足10000m^{2}按一批计。在每批产品中随机抽取3卷进行尺寸偏差和外观检查。

4）在尺寸偏差和外观检查合格的样品中任取一卷，在距外层端部500mm处裁取5m^{2}进行主要物理性能指标检验。当有一项指标不符合要求，应加倍取样检测，仍有一项指标不合格，应认定整批材料不合格。

2．HDPE膜铺设工程施工质量观感检验与抽样检验

（1）HDPE膜铺设工程施工质量观感检验：

1）场底、边坡基础层、锚固平台及回填材料要平整、密实，无裂缝、无松土、无积水、无裸露泉眼、无明显凹凸不平、无石头砖块，无树根、杂草、淤泥、腐殖土，场底、边坡及锚固平台之间过渡平缓。

2）HDPE膜铺设规划合理，边坡上的接缝须与坡面的坡向平行，场底横向接缝距坡脚线距离应大于1.5m。焊接、检测和修补记录标识应明显、清楚，焊缝表面应整齐、美观，不得有裂纹、气孔、漏焊和虚焊现象。HDPE膜无明显损伤、无褶皱、无隆起、无悬

空现象。搭接良好，搭接宽度应符合表 1K416012-3 的规定。

HDPE 膜焊缝的搭接宽度及允许偏差 表 1K416012-3

序号	项目	搭接宽度（mm）	允许偏差（mm）	检测频率（m）	检测方法
1	双缝热熔焊接	100	+20～−20	20	钢尺测量
2	单缝挤压焊接	75	+20～−20	20	钢尺测量

（2）HDPE 膜铺设工程施工质量抽样检验：

1）锚固沟回填土按 50m 取一个点检测密实度，合格率应为 100%。

2）HDPE 膜焊接质量检测应符合下列要求：

① 对热熔焊接每条焊缝应进行气压检测，合格率应为 100%。

② 对挤压焊接每条焊缝应进行真空检测，合格率应为 100%。

③ 焊缝破坏性检测，按每 1000m 焊缝取一个 1000mm×350mm 样品做强度测试，合格率应为 100%。

（3）HDPE 膜施工工序质量检测评定：

HDPE 膜施工工序质量检测评定应按表 1K416012-4 的要求填写有关记录。

HDPE 膜施工工序质量检查评定 表 1K416012-4

工程名称： 施工单位： 检测单位： 共 页第 页

<table>
<tr><td colspan="2">部位名称</td><td colspan="2"></td><td colspan="3">工序名称</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">主要工程数量</td><td colspan="3"></td><td colspan="3">桩号、位置</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">序　　号</td><td colspan="17">质量要求</td><td colspan="2">质量情况</td></tr>
<tr><td colspan="2">1</td><td colspan="17">土工膜和焊条的材料规格与质量符合设计要求和有关标准的规定</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">2</td><td colspan="17">基础层应平整、压实、无裂缝、无松土，表面无积水、石块、树根及其他任何尖锐杂物</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">3</td><td colspan="17">铺设平整，无破损和褶皱现象</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">4</td><td colspan="17">HDPE 膜在坡面上的焊缝应尽可能地减少，焊缝与坡度纵线的夹角不大于 45°，力求平行</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">5</td><td colspan="17">在坡度大于 10% 的坡面上和坡脚 1.5m 范围内不得有横向焊缝</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">6</td><td colspan="17">焊缝表面应整齐、美观，不得有裂纹、气孔、漏焊或跳焊现象</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">7</td><td colspan="17">焊缝的焊接质量符合规范要求的检漏测试和拉力测试</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">质量保证资料</td><td colspan="17">质量保证资料必须满足相关管理法规和质量标准的要求</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">序号</td><td rowspan="2">实测项目</td><td rowspan="2">规定值或允许偏差（mm）</td><td colspan="15">实测值或实测偏差值（mm）</td><td rowspan="2">应检点数</td><td rowspan="2">合格点数</td><td rowspan="2">合格率(%)</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td><td>12</td><td>13</td><td>14</td><td>15</td></tr>
<tr><td>1</td><td>热熔焊搭接宽度</td><td>100±20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>2</td><td>挤出焊搭接宽度</td><td>75±20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">承包单位自评意见</td><td colspan="8" rowspan="2">项目负责人（签章）：
年　月　日</td><td colspan="2" rowspan="2">监理意见</td><td colspan="8" rowspan="2">监理工程师（签章）：
年　月　日</td><td>平均合格率（%）</td><td></td></tr>
<tr><td>评定等级</td><td></td></tr>
</table>

现场监理（签章）： 技术负责人（签章）： 记录人（签章）： 年 月 日

防渗系统工程施工完成后，在填埋垃圾前，应对防渗系统进行全面的渗漏检测，并确认合格方可投入使用。

1K416013 生活垃圾填埋场填埋区导排系统施工技术

渗沥液收集导排系统施工主要有导排层摊铺、收集花管连接、收集渠码砌等施工过程。

一、卵石粒料的运送和布料

卵石粒料运送使用小吨位（载重 5t 以内）自卸汽车，将卵石粒料直接运送到已铺好的膜上。根据工作面宽度，事先计算好每一断面的卸料车数，按计算数量卸料，避免超卸或少卸。

在运料车行进路线的防渗层上，加铺不少于两层的同规格土工布，加强对防渗层的保护。运料车在防渗层上行驶时，缓慢行进，不得急停、急起；严禁急转弯；驾驶员要听从指挥人员的指挥。

运料车驶入、驶出防渗层前，由专人将车辆行进方向防渗层上溅落的卵石清扫干净，以免车轮碾压卵石，损坏防渗层。

二、摊铺导排层、收集渠码砌

摊铺导排层、收集渠码砌均采用人工施工。

导排层摊铺前，按设计厚度要求先下好平桩，按平桩刻度摊平卵石。按收集渠设计尺寸制作样架，每 10m 设一样架，中间挂线，按样架码砌收集渠。

对于富余或缺少卵石的区域，采用人工运出或补齐卵石。

施工中，使用的金属工具尽量避免与防渗层接触，以免造成防渗材料破损。

三、HDPE渗沥液收集花管连接

HDPE 渗沥液收集花管连接一般采用热熔焊接。热熔焊接连接一般分为五个阶段：预热阶段、吸热阶段、加热板取出阶段、对接阶段、冷却阶段，施工工艺流程见图 1K416013。

切削管端头：用卡具把管材准确卡到焊机上，擦净管端，对正，用铣刀铣削管端直至出现连续屑片为止。

对正检查：取出铣刀后再合拢焊机，要求管端面间隙不超过 1mm，两管的管边错位不超过壁厚的 10%。

接通电源：使加热板达到（210±10）℃，用净棉布擦净加热板表面，装入焊机。

加温熔化：将两管端合拢，使焊机在一定压力下给管端加温，当出现 0.4～3mm 高的熔环时，即停止加温，进行无压保温，持续时间为壁厚（mm）的 10 倍。

加压对接：达到保温时间以后，即打开焊机，小心取出加热板，并在 10s 之内重新合拢焊机，逐渐加压，使熔环高度达到（0.3～0.4）δ，单边厚度达到（0.35～0.45）δ。



图 1K416013 HDPE 管焊接施工工艺流程图

保压冷却：一般保压冷却时间为20～30min。

四、施工控制要点

（1）在填筑导排层卵石，宜采用小于5t的自卸汽车，采用不同的行车路线，环形前进，间隔5m堆料，避免压翻基底，随铺膜随铺导排层滤料（卵石）。

（2）导排层滤料需要过筛，粒径要满足设计要求。导排层应优先采用卵石作为排水材料，可采用碎石，石材粒径宜为20～60mm，石材$CaCO_3$含量必须小于5%，防止年久钙化使导排层板结造成填埋区侧漏。

（3）HDPE管的外径：干管不应小于315mm，支管不应小于200mm。HDPE管的开孔率应保证强度要求。HDPE管的布置宜呈直线，其转弯角度应小于或等于20°，其连接处不应密封。

（4）管材或管件连接面上的污物应用洁净棉布擦净，应铣削连接面，使其与轴线垂直，并使其与对应的断面吻合。

（5）导排管热熔对接连接前，两管段各伸出夹具一定自由长度，并应校直两对应的连接件，使其在同一轴线上，错边不宜大于壁厚的10%。

（6）热熔连接保压、冷却时间，应符合热熔连接工具生产厂和管件、管材生产厂规定，并保证冷却期间不得移动连接件或在连接件上施加外力。

（7）设定工人行走路线，防止反复踩踏HDPE土工膜。

1K416014 垃圾填埋与环境保护技术

目前，我国城市垃圾的处理方式基本采用封闭型填埋场，垃圾焚烧处理因空气污染影响，实际应用受到限制。封闭型垃圾填埋场是目前我国通行的填埋类型。垃圾填埋场选址、设计、施工、运行都与环境保护密切相关。本条介绍垃圾填埋工程选址、建设与周围环境保护要求。

一、垃圾填埋场选址与环境保护

（一）基本规定

（1）因为垃圾填埋场的使用期限很长，达10年以上，因此应该慎重对待垃圾填埋场的选址，注意其对环境产生的影响。

（2）垃圾填埋场的选址，应考虑地质结构、地理水文、运距、风向等因素，位置选择得好，直接体现在投资成本和社会环境效益上。

（3）垃圾填埋场选址应符合当地城乡建设总体规划要求，符合当地的大气污染防治、水资源保护、自然保护等环保要求。

（4）生活垃圾填埋场场址的位置及与周围人群的距离应依据环境影响评价结论确定，并经地方环境保护行政主管部门批准。

（二）标准要求

（1）垃圾填埋场必须远离饮用水源，尽量少占良田，利用荒地和当地地形。一般选择在远离居民区的位置，填埋库区与敞开式渗沥液处理区边界距居民居住区或人畜供水点等敏感目标的卫生防护距离，应通过环境影响评价确定。

（2）生活垃圾填埋场应设在当地夏季主导风向的下风向。应位于地下水贫乏地区、环境保护目标区域的地下水流向下游地区。

（3）填埋场垃圾运输、填埋作业、运营管理必须严格执行相关规范规定。

（4）生活垃圾卫生填埋场应位于城市规划建成区以外、地质情况较为稳定、取土条件方便、具备运输条件、人口密度低、土地及地下水利用价值低的地区，并不得设在水源保护区和地下蕴矿区内。生活垃圾卫生填埋场用地内绿化隔离带宽度不应小于20m，并沿周边设置。

（三）生活垃圾填埋场不得建在下列地区

（1）生活饮用水水源保护区，供水远景规划区。

（2）洪泛区和泄洪道。

（3）尚未开采的地下蕴矿区和岩溶发育区。

（4）自然保护区。

（5）文物古迹区，考古学、历史学及生物学研究考察区。

二、垃圾填埋场建设与环境保护

（一）有关规范规定

（1）封闭型垃圾填埋场的设计概念是：要求严格限制渗沥液渗入地下水层中，将垃圾填埋场对地下水的污染减小到最低限度。

（2）有关规范规定：填埋场必须进行防渗处理，保护地下水和地表水不受污染，同时还应防止地下水进入填埋场。填埋场内应铺设一层到两层防渗层、安装渗沥液收集系统、设置雨水和地下水的排水系统，甚至在封场时用不透水材料封闭整个填埋场。

（二）填埋场防渗与渗沥液收集

发达国家的相关技术规范对防渗作出了十分明确的规定，填埋场必须采用水平防渗，并且生活垃圾填埋场必须采用HDPE膜和黏土矿物相结合的复合系统进行防渗。我国现行的填埋技术规范中也有技术规定：

（1）填埋场必须进行防渗处理。防止对地下水和地表水的污染，同时还应防止地下水进入填埋场。

（2）填埋场必须设置有效的渗沥液收集系统和采取有效的渗沥液处理措施，严防渗沥液污染环境。

（三）渗沥液处理

生活垃圾填埋场的渗沥液无法达到规定的排放标准，需要进行处理后排放。但在暴雨的时候因渗沥液超出处理能力而直接排放，严重污染环境。

（四）填埋气体

发达国家禁止填埋气体直接排入大气，规定填埋气体必须进行回收利用，无回收利用价值的则需集中收集燃烧排放。我国目前填埋气体大都直接排入大气，缺乏回收利用。这种自然排放的方式对大气以及周边的环境都造成了危害。

（五）填埋物

填埋物中严禁混入危险废物和放射性废物。

（六）安全与环境监测

（1）应对填埋场垃圾堆体、垃圾坝及周边山体边坡的稳定安全进行监测，包括堆体中的渗沥液液位、堆体位移、垃圾坝位移、周边山体边坡位移等。

（2）应对垃圾填埋场周边地下水、地表水、大气、排放污水、场界噪声、苍蝇密度等

进行定期监测。

1K417000　施工测量与监控量测

1K417010　施工测量

1K417011　施工测量主要内容与常用仪器

一、施工测量的基本概念

（一）作用与内容

施工测量以规划和设计为依据，是保障工程施工质量和安全的重要手段；施工测量的速度和质量对工程建设具有至关重要的影响，是工程施工管理的一项重要任务，在工程建设中起着重要的作用。

施工测量包括交接桩及验线、施工控制测量、施工测图、钉桩放线、细部放样、变形测量、竣工测量和地下管线测量以及其他测量等内容。施工测量是一项琐碎而细致的工作，作业人员应遵循“由整体到局部，先控制后细部”的原则，掌握工程测量的各种测量方法及相关标准，熟练使用测量器具正确作业，满足工程施工需要。

市政公用工程测量是工程测量的一部分，在市政公用工程建设中发挥着重要的作用。工程施工过程各分项分部工程需要通过测量工作来衔接、配合，以保证设计意图的正确执行。市政公用工程施工测量的特点是贯穿于工程实施的全过程，服务于每一个施工环节，测量的精度和进度直接影响到整个工程质量与进度。在市政公用设施建设和运行管理阶段，需对建（构）筑物和周围环境进行变形观测，以确保工程建设和使用的安全。竣工测量为市政公用工程的验收、运行管理及设施扩建改造提供了基础资料。

（二）准备工作

（1）施工测量前，应依据设计图纸、施工组织设计和施工方案，编制施工测量方案。

（2）定期对仪器进行检校，保证仪器满足规定的精度要求；所使用的仪器必须在检定周期之内，应具有足够的稳定性和精度，适于测量工作的需要。

（3）测量作业前、后均应采用不同数据采集人核对的方法，分别核对从图纸上采集的数据、实测数据的计算过程与计算结果，并据以判定测量成果的有效性。

（三）基本规定

（1）综合性的市政基础设施工程中，使用不同的设计文件时，施工控制网测设后，应进行相关的道路、桥梁、管道与各类构筑物的平面控制网联测。

（2）应核对工程占地、拆迁范围，在现场施工范围边线（征地线）布测标志桩（拨地钉桩），并标出占地范围内地下管线等构筑物的位置；根据已建立的平面、高程控制网进行施工布桩、放线测量；当工程规模较大或分期建设时，应设辅助平面测量基线与高程控制桩，以方便工程施工和验收使用。

（3）施工过程应根据分部（项）工程要求布设测桩，中桩、中心桩等控制桩的恢复与校测应按施工需要及时进行，发现桩位偏移或丢失应及时补测、钉桩。

（4）每个关键部位的控制桩均应绘制桩位平面位置图，标出控制桩的编号，注明与桩相关的相应数据。一个工程的定位桩和与其相应结构的距离宜保持一致，不能保持一致

时，必须在桩位上予以准确清晰的标明。

（四）作业要求

（1）从事施工测量的作业人员，应经专业培训、考核合格，持证上岗。

（2）施工测量用的控制桩要注意保护，经常校测，保持准确。雨后、冻融期或受到碰撞、遭遇损害，应及时校测。

（3）测量记录应按规定填写并按编号顺序保存。测量记录应做到表头完整、字迹清楚、规整，严禁擦改、涂改，必要时可斜线划掉改正，但不得转抄。

（4）应建立测量复核制度。

（5）工程测量应以中误差作为衡量测绘精度的标准，并应以二倍中误差作为极限误差。

二、常用仪器及测量方法

市政公用工程常用的施工测量仪器主要有：全站仪、经纬仪、光学水准仪、自动安平水准仪、数字水准仪、平板仪、测距仪、激光准直（指向）仪、卫星定位仪器（如：GPS、BDS）及其配套器具、陀螺全站仪等。

（一）全站仪及经纬仪

（1）全站仪是一种采用红外线自动数字显示距离和角度的测量仪器，主要由接收筒、发射筒、照准头、振荡器、混频器、控制箱、电池、反射棱镜及专用三脚架等组成。全站仪主要应用于施工平面控制网的测量以及施工过程中点间水平距离、水平角度的测量；在没有条件使用水准仪进行水准测量时，还可考虑利用全站仪进行三角高程测量以代替水准测量；在特定条件下，市政公用工程施工选用全站仪进行三角高程测量和三维坐标的测量。

全站仪在测站上一经观测，必要的观测数据如斜距、天顶距（竖直角）、水平角等均能自动显示，而且几乎是同一瞬间内得到平距、高差、点的坐标和高程。如果通过传输接口把全站仪野外采集的数据终端与计算机、绘图机连接起来，配以数据处理软件和绘图软件，即可实现测图等的自动化。

（2）测回法测量应用举例（以经纬仪为例）：采用导线法建立控制网时，水平方向观测可采用测回法进行。设 C 为测站点，A、B 为观测目标，如图 1K417011-1 所示。

用测回法观测 CA 与 CB 两方向之间的水平角 β，操作程序应符合下列规定：

1）在测站点 C 安置经纬仪，在 A、B 两点竖立测杆或测钎等，作为目标标志。



图 1K417011-1 测回法示意图

2）将仪器置于盘左位置，转动照准部，先瞄准左目标 A，读取水平度盘读数 a_L，记入水平角观测手簿相应栏内。松开照准部制动螺旋，顺时针转动照准部，瞄准右目标 B，读取水平度盘读数 b_L，记入观测表中相应栏内。以上称为上半测回，盘左位置的水平角（也称上半测回角值）β_L 为：$\beta_L = b_L - a_L$。

3）松开照准部制动螺旋，倒转望远镜成盘右位置，先瞄准右目标 B，读取水平度盘读数 b_R，记入表格相应栏内。松开照准部制动螺旋，逆时针转动照准部，瞄准左目标 A，读取水平度盘读数 a_R，记入观测表中相应栏内。以上称为下半测回，盘右位置的水平角（也称下半测回角值）β_R 为：$\beta_R = b_R - a_R$。上半测回和下半测回构成一测回。

4）对于 J_2 精度的经纬仪，如果上、下两半测回角值之差不大于 ±12″，认为观测合格。此时，可取上、下两半测回角值的平均值作为一测回角值 β。

5）方向观测法各项限差应符合表 1K417011 的要求。

水平角方向观测法的技术要求 表 1K417011

等级	仪器精度等级	半测回归零差（″）限差	一测回内 2C 互差（″）限差	同一方向值各测回较差（″）限差
四等及以上	0.5″ 级仪器	≤3	≤5	≤3
	1″ 级仪器	≤6	≤9	≤6
	2″ 级仪器	≤8	≤13	≤9
一级及以下	2″ 级仪器	≤12	≤18	≤12
	6″ 级仪器	≤18	—	≤24

注：① 当某观测方向的垂直角超过 ±3° 的范围时，一测回内 2C 互差可按相邻测回同方向进行比较，比较值应满足表中一测回内 2C 互差的限值。

② 2C 为一测回中同方向盘左与盘右值之差。

常用的经纬仪主要有光学经纬仪和电子经纬仪，一般用来测量水平角和竖直角。

（二）光学水准仪

（1）光学水准仪主要由目镜、物镜、水准管、制动螺旋、微动螺旋、校正螺丝、脚螺旋及专用三脚架等部分组成，现场施工多用来测量构筑物标高和高程，适用于施工控制测量的控制网水准基准点的测设及施工过程中的高程测量。

（2）测量应用举例：

在进行施工测量时，经常要在地面上和空间设置一些给定高程的点，如图 1K417011-2 所示；设 B 为待测点，其设计高程为 H_B，A 为水准点，已知其高程为 H_A。为了将设计高程 H_B 测定于 B，安置水准仪于 A、B 之间，先在 A 点立尺，读得后视读数为 a，然后在 B 点立尺。为了使 B 点的标高等于设计高程 H_B，升高或降低 B 点上所立之尺，使前视尺之读数等于 b。b 可按下式计算：



图 1K417011-2 高程测设示意图

$$b = H_A + a - H_B$$

所测出的高程可用木桩固定下来，或将设计高程标志在墙壁上；即当前尺读数等于 b 时，沿尺底在桩侧或墙上画线。当高程测设的精度要求较高时，可在木桩的顶面旋入螺钉作为测标，拧入或退出螺钉，调整测标顶端达到所要求的高程。

目前，用于施工现场的自动安平水准仪和数字水准仪较传统光学水准仪使用起来更加方便，自动安平水准仪观测时无须精确整平，而数字水准仪能自动观测和记录。

（三）激光准直（指向）仪

（1）激光准直（指向）仪主要由发射、接收与附件三大部分组成，现场施工测量用于

角度坐标测量和定向准直测量，适用于长距离、大直径隧道或桥梁墩柱、水塔、灯柱等高耸构筑物控制测量的点位坐标的传递及同心度找正测量。

（2）测量应用举例：

将激光准直（指向）仪置于索（水）塔的塔身（钢架）底座中心点上，调整水准管使气泡居中，严格整平后，进行望远镜调焦，使激光光斑直径最小。这时向上射出激光束反映在相应平台的接收靶上，即可测出塔身各层平台的中心是否同心。若不同心，即说明平台有偏移，这时可以根据激光束来测量出相应平台的偏移数值，然后及时进行纠偏。

（四）卫星定位仪器（GPS、BDS）

（1）卫星定位 GPS（Global Position System）和 BDS（BeiDou Navigation Satellite System）技术系统通过空间部分、地面控制部分与用户接收端之间的实时差分解算出待测点位的三维空间坐标；实时动态测量即 RTK（Real Time Kinematic）技术，随着 GPS（BDS）技术的发展，RTK 技术逐渐成为工程测量的常用技术，在市政公用工程已得到充分应用。

GPS（BDS）-RTK 系统由基准站、若干个流动站及无线电通信系统三部分组成。基准站包括接收机、天线、无线电通信发射系统、供 GPS（BDS）接收机和无线电台使用的电源（车用蓄电瓶）及基准站控制器等部分；流动站由 GPS（BDS）接收机、天线、无线电通信接听系统、供 GPS（BDS）接收机和无线电使用的电源及流动站控制器等部分组成。

现在的 GPS（BDS）-RTK 作业已经能代替大部分的传统外业测量。GPS（BDS）-RTK 仪器的适用范围很广，在一些地形复杂的市政公用工程中可通过 GPS（BDS）-RTK 结合全站仪联合测量达到高效作业目的。RTK 技术的关键在于数据处理技术和数据传输技术，需注意的是：RTK 技术的观测精度为厘米级。

（2）RTK 测绘地形图的野外数据采集应用实例（以 Trimble5700 为例）：

1）作业前，首先要对基准（流动）站进行设置。基准站可架设在已知点上，也可架设在未知点上。首先将基准站架设在未知点上，将 GPS 接收机与 GPS 天线连接好，电台主机与电台天线连接好，电台与 GPS 接收机连接好；GPS 天线与无线电发射天线最好相距 3m 开外，最后用电缆将电台和电瓶连接起来。连接手簿（基准站控制器）与基准站主机，进行基准（流动）站设置。

2）设置完成后退回主菜单，在主菜单中选择：测量→测量形式→测量点，然后输入要测点的名称或点号，在方法中根据实际情况选择观测控制点、地形点、快速点还是校正点。在观测次数处，根据需要，可以在选项中选择测量时间，等到流动站初始化完成、RTK 由“浮动”变为“固定”后按下测量键即可开始测量，进行坐标采集。

3）由于 GPS（BDS）测量的是 WGS-84 坐标，而实际工程施工时，需要的是平面坐标，所以在进行正式测量前，必须进行坐标转换，即点校正。首先应到已知点上采集 WGS-84 坐标，再进行点校正。一般来说，需要在已知平面坐标的三个以上已知控制点上测得 WGS-84 坐标记入手簿，然后在控制器的测量子菜单中选择“点校正”，进行坐标转换。

（五）陀螺全站仪

陀螺全站仪是由陀螺仪、经纬仪和测距仪组合而成的一种定向用仪器，其原理为：在地球自转作用下，高速旋转的陀螺转子之轴具有指向真北的性能，从而可以测量某一直线的真方位角，进而计算出这一直线的坐标方位角。在市政公用工程施工中经常用于地下隧

道的中线方位校核，可有效提高隧道贯通测量的精度。陀螺全站仪定向的作业过程：

（1）在地面已知边上测定仪器常数。

（2）在隧道内定向边上测量陀螺方位角。

（3）仪器上井后重新测定仪器常数。

（4）计算子午线收敛角。

（5）计算隧道内定向边的坐标方位角。

三、施工测量技术要点

（一）城镇道路施工测量

（1）道路工程的各类控制桩包括：起点、终点、转角点与平曲线、竖曲线的基本元素点及中桩、边线桩、里程桩、高程桩等。

（2）道路直线段范围内，各类桩间距一般为 10～20m。平曲线和竖曲线范围内的各类桩间距宜控制在 5～10m。

（3）道路中线确定后，利用中线桩点坐标，通过绘图软件，即可得到路线纵断面和各桩点的横断面。如果需要进行现场断面测量时，也可采用实时北斗测量。基于北斗 -RTK 技术，可实现道路施工过程的点、直线、曲线放样等操作，通过定位三维坐标直接完成施工放样，精度较高，同时可提高施工效率。

（4）道路高程测量应采用附合水准测量。交叉路口、匝道出入口等不规则地段高程放线应采用方格网或等分圆网按结构分层测定。

（5）道路及其附属构筑物平面位置应以道路中心线为施工测量的控制基准，高程应以道路中心线部位的路面高程为基准。

（6）填方段路基应每填一层恢复一次中线、边线并进行高程测设，在距路床 1.5m 范围应按设计纵、横坡线控制。

（7）高填方或软土地基应按照设计要求进行沉降观测，并依据观测结果安排上部结构施工。

（二）城市桥梁施工测量

（1）依据现场条件设置桥梁工程的各类控制桩，包括桥梁中线桩及墩台的中心桩和定位桩等。

（2）桥梁放线应根据桥梁的形式、跨径、设计要求的施工精度及现场环境条件确定实施方法，以及是否需要重新布设或加密控制网点。

（3）当水准路线跨越河、湖等水域时，应采用跨河水准测量方法校核。视线离水面的高度不小于 2m。

（4）桥梁基础、墩台与上部结构等各部位的平面、高程均应以桥梁中线位置及其相应的桥面高程为基准。

（5）施工前应测桥梁中线和各墩台的纵轴与横轴线定位桩，作为施工控制依据。

（6）支座（垫石）和梁（板）定位应以桥梁中线和盖梁中轴线为基准，依施工图尺寸进行平面施工测量，支座（垫石）和梁（板）的高程以其顶部高程进行控制。

（7）桥梁施工过程应按照设计要求进行变形观测，并保护好基点和长期观测点。

（三）管道施工测量

（1）各类管道工程施工测量控制点包括起点、终点、折点、井室（支墩、支架）中心

点、变坡点等特征控制点。重力流排水管道中线桩间距宜为10m，给水管道、燃气管道和供热管（沟）道的中心桩间距宜为15～20m。

（2）井室（支墩、支架）平面位置放线：矩形井室应以管道中心线及垂直管道中心线的井中心线为轴线进行放线；圆形、扇形井室应以井底圆心为基准进行放线；支墩、支架以轴线和中心为基准放线。

（3）排水管道工程高程应以管内底高程作为施工控制基准，给水等压力管道工程应以管道中心线高程作为施工控制基准。井室等附属构筑物应以内底高程作为控制基准，控制点高程测量应采用附合水准测量，采用坡度板法控制中心与高程。

（4）在挖槽见底前、施工砂石（混凝土）基础前、管道铺设或砌筑构筑物前，应校测管道及构筑物中心与高程。

（5）分段施工时，相邻施工段间的水准点宜布设在施工分界点附近，施工测量时应对相邻已完成管道进行复核。

（6）管道施工控制桩点应与道路控制桩点进行复测与校核。

（7）管线施工应按照设计要求和规范规定，进行管线竣工测量。

（四）隧道施工测量

（1）施工前应建立地面平面控制；地面高程控制可视现场情况以三、四等水准或相应精度的三角高程测量布设。有相向施工段时应进行贯通测量设计，应根据相向开挖段的长度，按设计要求布设二、三等或四等三角网，或者布设相应精度的精密导线。

（2）将地面导线测量坐标、方位、水准测量高程，通过竖井、基坑或通道等适时传递到地下，形成地下平面、高程控制网。

（3）敷设洞内基本导线、施工导线和水准路线，并随施工进展而不断延伸；在开挖掌子面上放样，标出拱顶、边墙和起拱线位置，衬砌结构支模后应检测、复核竣工断面。

（4）盾构法施工测量包括盾构始发、掘进、接收的测量。盾构机拼装后应进行初始姿态测量，掘进过程中应进行实时姿态测量。盾构机姿态测量包括：平面偏差、高程偏差、俯仰角、方位角、旋转角及切口里程。盾构机姿态测量利用盾构机配置的导向系统实时测量的同时，还应采用人工测量方法对导向系统测量成果进行验核。

（5）当贯通面一侧的隧道长度进入控制范围时，应提高定向测量精度，一般可采取在贯通距离约1/2处通过钻孔投测坐标点或加测陀螺方位角等方法进行贯通测量。贯通测量应配合贯通施工，及时分配调整贯通误差，以免误差集中在贯通面上。

（6）在工程施工过程中，要及时测绘开挖和衬砌断面，在两侧衬砌边墙上须埋设一定数量的永久标志，并联测高程、里程等数据，作为竣工验收和运行管理的基本资料。

（7）测量主要采用激光准直经纬仪（水准仪）、电子经纬仪、电子水准仪、光电断面测量仪、陀螺经纬仪等仪器。

（五）水厂施工测量

（1）矩形建（构）筑物应根据其轴线平面图进行施工各阶段放线；圆形建（构）筑物应根据其圆心施放轴线、外轮廓线。

（2）沿构筑物轴线方向，根据主线成果表复核无误后，分别在构筑物两侧各算出控制点，用极坐标法精确放出此控制点，为了能够在距构筑物较近的地方进行施工放样，防止在构筑物施工中由于现场通视条件限制而无法进行构筑物轴线放样，在基坑上、下均布设

控制点。横轴的布点原理跟纵轴一样，布设控制点时考虑到不受施工的影响，保证构筑物之间的顺利贯通。

（3）矩形水池依据四角桩设置池壁、变形缝、后浇带、立柱隔墙的施工控制网桩。对于水池各部轴线关系及各点的标高，应按照设计图事先完成内业工作，并绘制成轴线与标高关系图。

（4）圆形池按水厂总平面测量控制网，设定圆形池中心线、外轮廓线及轴向控制桩（呈十字形布置）；测设专用水准点，水准点及轴向控制桩埋设加固，根据施工图要求尺寸及标高进行内业准备。对于水池中心线及轴线各点的标高，应按照设计图事先完成内业工作，并绘制成轴线与标高关系图。

（5）斜锥形底部按设计图纸尺寸，先计算底板及垫层表面的各控制点高程，绘制高程控制图，或放实物大样量出各控制点的高程及半径尺寸；设定中心桩，测定各控制点的高程桩（间距不得超过 3m）；按各控制点的高程，支搭环形模板或混凝土饼控制成型面。

（6）明挖基坑需在适当距离外侧设置控制点（龙门桩）定位，以便随时检查开挖范围的正确性。

（7）为方便校核，应在池体中心位置搭设稳固的操作平台，并保证平台中心位置准确。

（8）为确保测量放线的精确，定期对所用基准桩点进行校核。

1K417012 场区控制测量

以市政公用工程场（厂）站为例简要介绍施工控制测量要点。

一、特点与规定

（1）工程施工过程中，为满足施工控制测量要求，以国家坐标控制网为依据建立起来的一个坐标控制网（含坐标、轴线、水准点）。

（2）市政公用工程现场可分为场区、线路两种形式，施工控制测量应依据工程特点和实际需要，在施工现场范围内建立测量控制网，选择若干有控制意义的点（称为控制点），按一定的规律和要求构成网状几何图形（称为控制网）。控制网分为平面控制网和高程控制网，场区控制网按类型分为方格网、边角网和控制导线等。

（3）设定场区控制点位置的工作，称为场区控制测量。测定场区控制点平面位置（x、y）的工作，称为场区平面控制测量。平面控制网可按精度划分为等与级两种规格，由高向低依次宜为二、三、四等和一、二、三级；平面控制网的建立，可采用卫星定位测量、导线测量、三角形网测量等方法。测定场区控制点高程（H）的工作，称为场区高程控制测量。高程控制测量精度等级宜划分为二、三、四、五等，各等级高程控制宜采用水准测量，四等及以下等级也可采用电磁波测距三角高程测量，五等还可采用卫星定位高程测量；首级高程控制网的等级应根据工程规模、控制网的用途和精度要求选择，首级网应布设成环形网，加密网宜布设成附合路线或结点网。

（4）在设计总平面图上，场区的平面位置系用施工坐标系统的坐标来表示。坐标轴的方向与场区主轴线的方向相平行，坐标原点应虚设在总平面图西南角上，使所有构筑物坐标皆为正值。施工坐标系统与测量坐标系统之间关系的数据由设计给出。有的场（厂）区建筑物因受地形限制，不同区域建筑物的轴线方向不相同，因而要布设相应区域的不同施工坐标系统。

测量坐标系统，系平面直角坐标。一般有国家坐标系统、城市坐标系统等。若总平面图上设计是采用测量坐标系统进行的，则测量坐标系统即为施工坐标系统。

（5）当施工控制网与城镇测量控制网发生联系时，应进行坐标换算，以便统一坐标系；如图 1K417012-1 所示，两坐标系的旋向相同，设 α 为施工坐标系（$AO'B$）的纵轴 OA 在测量坐标系（XOY）内的方位角，坐标系原点 O' 在测量系内的坐标值为（a，b），则 P 点在两坐标系统内的坐标 X、Y 和 A、B 的关系式为：

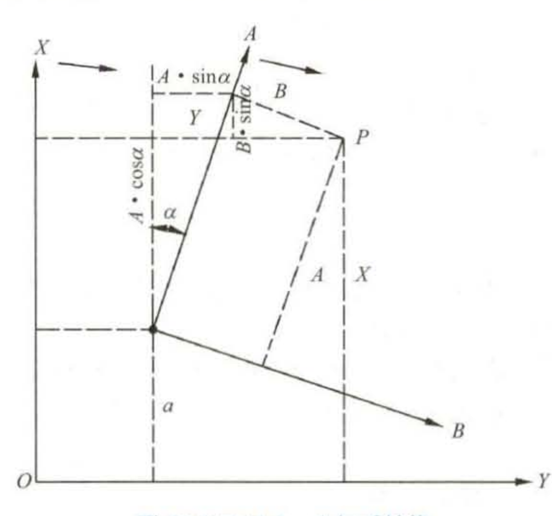


图 1K417012-1　坐标系转换

$$X = a + A\cos\alpha \pm B\sin\alpha \quad (1K417012\text{-}1)$$

$$Y = b + A\sin\alpha \pm B\cos\alpha \quad (1K417012\text{-}2)$$

以及

$$A = (X - a)\cos\alpha + (Y - b)\sin\alpha \quad (1K417012\text{-}3)$$

$$B = (X - a)\sin\alpha + (Y - b)\cos\alpha \quad (1K417012\text{-}4)$$

二、场区平面控制网

（一）控制网类型选择

应根据场区建（构）筑物的特点、设计要求、场地条件等因素选择控制网类型。一般情况下，建筑方格网，多用于场地平整的大型场区控制；三角形网，多用于建筑场地在山区的施工控制网；导线测量控制网，可视构筑物定位的需要灵活布设网点，便于控制点的使用和保存。导线测量多用于扩建或改建的施工区，新建区也可采用导线测量法建网。卫星定位测量控制点位应选在稳固地段，同时应方便观测、加密和扩展，对空开阔、周围无强烈干扰接收卫星信号的干扰源。

首级控制网可采用轴线法或布网法，测量精度应满足规范规定和施工安装的精度要求。

（二）准备工作

（1）根据施工方案和场区构筑物特点及设计要求的施测精度，编制工程测量方案。

（2）施工单位应在桩点交接基础上进行现场踏勘、复核。

（3）复核过程中发现不符合或与相邻工程矛盾时，应向建设单位提出，进行查询，并取得准确结果。

（三）作业程序

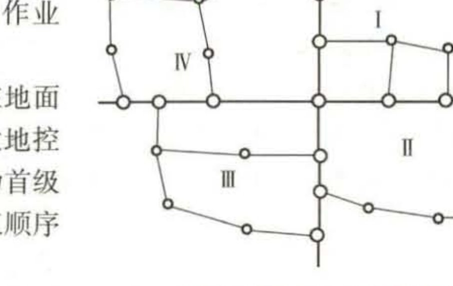


图 1K417012-2　导线控制网

以导线测量控制网为例简介控制测量作业程序：

（1）对于一般场区，通常采用导线法在地面上测定一条附合在已知控制点（一般采用大地控制点或 GPS 控制点）坐标上的主导线，作为首级控制（见图 1K417012-2）导线，再根据施工顺序和需求布设加密导线。

（2）以主导线上的已知点作为起算点，用导线网来进行加密。加密导线可以按照建筑物施工精度不同要求或按照不同的开工时间，来分期测设。

（3）导线布设原则：

1）根据构筑物本身的重要性和工程施工系统性适当地选择导线线路，各条导线应均匀分布于整个场区，每个环形控制面积应尽可能均匀。

2）各条导线尽可能布成直伸导线，导线网应构成互相联系的环形，构成严密平差图形。

3）各级导线的总长和边长应符合表 1K417012-2 的有关规定。

（4）测量步骤：

1）选点与标桩埋设。对于新建和扩建的场区，导线应根据总平面图布设，改建区应沿已有道路布网。点位应便于使用、安全和能长期保存。导线点选定之后，应及时埋设标桩。

2）角度观测。角度观测采用测回法进行。各等级导线测量的主要技术要求参照表 1K417012-1 的规定。

各等级导线测量的主要技术要求　　表 1K417012-1

等级	导线长度（km）	平均边长（km）	测角中误差（″）	测距中误差（mm）	测距相对中误差	测回数				方位角闭合差（″）	导线全长相对闭合差
						0.5″级仪器	1″级仪器	2″级仪器	6″级仪器		
三等	14	3	1.8	20	1/150000	4	6	10	—	$3.6\sqrt{n}$	≤1/55000
四等	9	1.5	2.5	18	1/80000	2	4	6	—	$5\sqrt{n}$	≤1/35000
一级	4	0.5	5	15	1/30000	—	—	2	4	$10\sqrt{n}$	≤1/15000
二级	2.4	0.25	8	15	1/14000	—	—	1	3	$16\sqrt{n}$	≤1/10000
三级	1.2	0.1	12	15	1/7000	—	—	1	2	$24\sqrt{n}$	≤1/5000

注：① n 为测站数；

② 当测区测图的最大比例尺为 1：1000 时，一、二、三级导线的导线长度、平均边长可放长，但最大长度不应大于表中规定相应长度的 2 倍。

3）边长测量。一般采用全站仪光电测距法测量导线边长，边长测量的各项要求及限差，参照场区导线测量的主要技术要求，见表 1K417012-2。

4）导线的起算数据。在扩建、改建厂区，新导线应附合在已有施工控制网上（将已有控制点作为起算点）；原有的施工控制网点已被破坏或依照设计要求既有控制点不能满

足布网要求，则应根据大地测量控制网点或主要建筑物轴线确定起算数据。新建厂区的导线网起算数据应根据大地测量控制点测定。

场区导线测量的主要技术要求 表 1K417012-2

等级	导线长度（km）	平均边长（m）	测角中误差（″）	测距相对中误差	测回数		方位角闭合差（″）	导线全长相对闭合差
					2″级仪器	6″级仪器		
一级	2.0	100～300	5	1/30000	3	—	$10\sqrt{n}$	≤1/15000
二级	1.0	100～200	8	1/14000	2	4	$16\sqrt{n}$	≤1/10000

注：n 为测站数。

5）导线网的平差。一级及以上导线网采用严密平差法，二级导线可以采用严密或简化方法平差。关于导线网平差方法的选择，必须全面考虑导线的形状、长度和精度要求等因素，导线构成环形，应采用环形平差。附合在已知点上的导线，由于已知点较多，可以采用结点平差法。对于具有 2～3 个结点的导线，则采用等权代替法。只有一个结点的导线，可以按照等权平均值的原理进行平差计算。

（四）主要技术要求

（1）坐标系统应与工程设计所采用的坐标系统相同。当利用原有的平面控制网时，应进行复测，其精度应符合需要；投影所引起的长度变形，不应超过 1/40000。

（2）当原有控制网不能满足需要时，应在原控制网的基础上适当加密控制点。控制网的等级和精度应符合下列规定：

1）场地大于 $1km^2$ 或重要工业区，应建立一级及以上导线精度的平面控制网。

2）场地小于 $1km^2$ 或一般性建筑区，应根据需要建立相当于二、三级导线精度的平面控制网。

3）场区平面控制网相对于勘察阶段控制点的定位精度不应大于 50mm。

（3）导线测量的主要技术指标见表 1K417012-2。

（4）施工现场的平面控制点有效期不宜超过一年，特殊情况下可适当延长有效期，但应经过控制校核。

三、场区高程控制网

（一）测量等级与方法

（1）场区高程控制网系采用三、四等水准测量的方法建立，大型场区的高程控制网应分两级布设。首级为三等水准，其下用四等水准加密。小型场区可用四等水准一次布设。

（2）为保证水准网能得到可靠的起算依据和检查水准点的稳定性，应在场地适当地点建立高程控制基点组，其点数不得少于三个，点间距离以 50～100m 为宜，高差应用一等水准测定。

（3）各级水准点标桩要求坚固稳定。四等水准点可利用平面控制点，点间距离随平面控制点而定。三等水准点一般应单独埋设，点间距离一般以 600m 为宜，可在 400～800m 之间变动。三等水准点一般距离厂房或高大建筑物应不小于 25m，距振动影响范围以外应不小于 5m，距回填土边线应不小于 15m。水准基点组应采用深埋水准标桩。

（4）三、四等水准测量的仪器应符合表 1K417012-3 中的要求。

（5）应在水准点埋设两周后进行水准点的观测，且应在成像清晰、稳定时进行。

水准仪技术要求表　表 1K417012-3

序号	仪器名称	最低型号		备注
		三等	四等	
1	自动安平光学水准仪、自动安平数字水准仪、气泡式水准仪	DSZ3 DS3	DSZ3 DS3	用于水准测量，其基本参数见《水准仪》GB/T 10156—2009
2	双面区格式木质标尺、条码式因瓦标尺	—	—	用于水准测量
3	经纬仪	DJ2	DJ2	用于高程导线测量和跨河水准测量，其基本参数见《光学经纬仪》GB/T 3161—2015
4	光电测距仪	—	Ⅱ级	用于高程导线测量和跨河水准测量，其精度分级见《中、短程光电测距规范》GB/T 16818—2008
5	GPS 接收机	大地型双频接收机	大地型双频或单频接收机	用于跨河水准测量

（二）观测程序

1．选点与标桩埋设

水准点的间距，宜小于 1km。建（构）筑物高程控制的水准点，可单独埋设在建（构）筑物的平面控制网的标桩上，也可利用场地附近的水准点，其间距宜在 200m 左右。

施工中使用的临时水准点与栓点，宜引测至现场既有建（构）筑物上，引测点的精度不得低于原有水准点的等级要求。

2．水准观测

（1）数字水准仪观测的主要技术要求应符合表 1K417012-4 的规定。

数字水准仪观测的主要技术要求　表 1K417012-4

等级	水准仪级别	水准尺类别	视线长度（m）	前后视的距离较差（m）	前后视的距离较差累积（m）	视线离地面最低高度（m）	测站两次观测的高差较差（mm）	数字水准仪重复测量次数
二等	DSZ1	条码式因瓦尺	50	1.5	3.0	0.55	0.7	2
三等	DSZ1	条码式因瓦尺	100	2.0	5.0	0.45	1.5	2
四等	DSZ1	条码式因瓦尺	100	3.0	10.0	0.35	3.0	2
	DSZ1	条码式玻璃钢尺	100	3.0	10.0	0.35	5.0	2
五等	DSZ3	条码式玻璃钢尺	100	近似相等	—	—	—	—

注：① 二等数字水准测量观测顺序，奇数站应为后→前→前→后；偶数站应为前→后→后→前。
② 三等数字水准测量观测顺序应为后→前→前→后；四等水准测量观测顺序应为后→后→前→前。
③ 水准观测时，若受地面震动影响时，应停止测量。

（2）光学水准仪观测的主要技术要求，应符合表 1K417012-5 的规定。

光学水准仪观测的主要技术要求　表 1K417012-5

等级	水准仪级别	视线长度（m）	前后视距差（m）	任一测站上前后视距差累积（m）	视线离地面最低高度（m）	基、辅分划或黑、红面读数较差（mm）	基、辅分划或黑、红面所测高差较差（mm）
二等	DS1、DSZ1	50	1.0	3.0	0.5	0.5	0.7
三等	DS1、DSZ1	100	3.0	6.0	0.3	1.0	1.5

续表

等级	水准仪级别	视线长度(m)	前后视距差(m)	任一测站上前后视距差累积(m)	视线离地面最低高度(m)	基、辅分划或黑、红面读数较差(mm)	基、辅分划或黑、红面所测高差较差(mm)
三等	DS3、DSZ3	75	3.0	6.0	0.3	2.0	3.0
四等	DS3、DSZ3	100	5.0	10.0	0.2	3.0	5.0
五等	DS3、DSZ3	100	近似相等	—	—	—	—

注：① 二等光学水准测量观测顺序，往测时，奇数站应为后→前→前→后，偶数站应为前→后→后→前；返测时，奇数站应为前→后→后→前，偶数站应为后→前→前→后。

② 三等光学水准测量观测顺序应为后→前→前→后；四等光学水准测量观测顺序后→后→前→前。

③ 二等水准视线长度小于 20m 时，视线高度不应低于 0.3m。

④ 三、四等水准采用变动仪器高度观测单面水准尺时，所测两次高差较差，应与黑面、红面所测高差之差的要求相同。

（3）两次观测高差较差超限时应重测。重测后，二等水准应选取两次异向观测的合格结果，其他等级应将重测结果与原测结果分别比较，较差不超过限值时，应取两次测量结果的平均数。

3. 水准测量的限差

水准测量的关键技术要求即是水准测量的限差要求，不符合限差要求的水准测量成果不得使用。

二、三、四等水准测量均应进行往返测，或单程双线观测，其测量结果应符合表 1K417012-6 的规定。

水准测量的主要技术要求　　表 1K417012-6

等级	每千米高差全中误差(mm)	路线长度(km)	水准仪级别	水准尺	观测次数		往返较差、附合或环线闭合差	
					与已知点联测	附合或环线	平地(mm)	山地(mm)
二等	2	—	DS1、DSZ1	条码因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往返各一次	$4\sqrt{L}$	—
三等	6	≤ 50	DS1、DSZ1	条码因瓦、线条式因瓦	往返各一次	往一次	$12\sqrt{L}$	$4\sqrt{n}$
			DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面		往返各一次		
四等	10	≤ 16	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、双面	往返各一次	往一次	$20\sqrt{L}$	$6\sqrt{n}$
五等	15	—	DS3、DSZ3	条码式玻璃钢、单面	往返各一次	往一次	$30\sqrt{L}$	—

注：① 结点之间或结点与高级点之间的路线长度不应大于表中规定的 70%。

② L 为往返测段、附合或环线的水准路线长度（km），n 为测站数。

③ 数字水准测量和同等级的光学水准测量精度要求相同，作业方法在没有特指的情况下均称为水准测量。

④ DSZ1 级数字水准仪若与条码式玻璃钢水准尺配套，精度降低为 DSZ3 级。

⑤ 条码式因瓦水准尺和线条式因瓦水准尺在没有特指的情况下均称为因瓦水准尺。

4. 水准测量的平差

水准网的平差，根据水准路线布设的情况，可采用各种不同的方法。附合在已知点上

构成结点的水准网，采用结点平差法。若水准网只具有2～3个结点，路线比较简单，则采用等权代替法。作为厂区高程控制的水准网，一般都构成环形，而且网中只具有唯一的高程起算点，因而多采用多边形图解平差法。这种方法全部计算都在图上进行，可迅速求得平差结果。

（三）主要技术要求

（1）场区高程控制网应布设成闭合环线、附合路线或结点网。高程测量的精度，不宜低于三等水准的精度。

（2）施工现场的高程控制点有效期不宜超过半年，如有特殊情况可适当延长有效期，但应经过控制校核。

四、卫星定位测量

（一）适用范围

卫星定位测量可用于二、三、四等和一、二级控制网的建立；导线测量可用于三、四等和一、二、三级控制网的建立；三角形网测量可用于二、三、四等和一、二级控制网的建立。

（二）卫星定位测量控制网的主要技术指标见表1K417012-7

卫星定位测量控制网的主要技术要求　　表1K417012-7

等级	平均边长（km）	固定误差A（mm）	比例误差系数B（mm/km）	约束点间的边长相对中误差	约束平差后最弱边相对中误差
一级	1	≤10	≤20	≤1/40000	≤1/20000
二级	0.5	≤10	≤40	≤1/20000	≤1/10000

（三）卫星定位测量控制网的布设要求

（1）应根据测区的实际情况、精度要求、卫星状况、接收机的类型和数量以及测区已有的测量资料进行综合设计。

（2）首级网布设时，宜联测两个以上高等级国家控制点或地方坐标系的高等级控制点；对控制网内的长边，宜构成大地四边形或中点多边形。

（3）控制网应由独立观测边构成一个或若干个闭合环或附合路线，各等级控制网中构成闭合环或附合路线的边数不宜多于6条。

（4）各等级控制网中独立基线的观测总数，不宜少于必要观测基线数的1.5倍。

（四）卫星定位测量控制网的设计、选点与埋石要求

应符合现行国家相关标准的规定。

（五）卫星定位控制测量作业的基本技术要求见表1K417012-8

卫星定位控制测量作业的基本技术要求　　表1K417012-8

等级	接收机类型	仪器标称精度	观测量	卫星高度角（°）		有效观测卫星数		观测时段长度（min）		数据采样间隔（s）		点位几何图形强度因子
				静态	快速静态	静态	快速静态	静态	快速静态	静态	快速静态	/
一级	双频或单频	10mm＋5ppm	载波相位	≥15	≥15	≥4	≥5	10～30	10～15	10～30	5～15	≤8
二级	双频或单频	10mm＋5ppm	载波相位	≥15	≥15	≥4	≥5	10～30	10～15	10～30	5～15	≤8

（六）对于规模较大的测区应编制作业计划

（七）卫星定位控制测量测站作业要求

（1）观测前，应对接收机进行预热和静置，同时应检查电池的容量、接收机的内存和可储存空间是否充足。

（2）天线安置的对中误差，不应大于 2mm；天线高的量取应精确至 1mm。

（3）观测中，应避免在接收机近旁使用无线电通信工具；还应避开周围高压线、信号接收塔、变压器等影响因素。

（4）作业同时，应做好测站记录，包括控制点的点名、接收机序列号、仪器高、开关机时间等相关的测站信息。

（八）卫星定位控制测量外业观测的数据处理

全部数据应经同步环、异步环和复测基线检核，并应符合现行国家相关标准的规定。

（九）观测数据不能满足检核要求时的处理方法

应对成果进行全面分析，并舍弃不合格基线，但应保证舍弃基线后，所构成异步环的边数不应超过本条四、（三）（3）的规定。否则，应重测该基线或有关的同步图形。

1K417013 竣工图编绘与实测

市政公用工程项目施工完成后，应编绘或实测竣工图。竣工图主要是如实反映设计和施工的实际情况，以编绘为主。为了使实测竣工图能与原设计图相协调，其坐标系统、高程基准、测图比例尺、图例符号等应与施工设计图相同。

一、竣工图编绘

市政公用工程施工过程中常会因现场情况变化而致使设计变更，导致构筑物的竣工位置与设计位置存在偏差；市政公用工程（如：地下隧道或地下管线工程）竣工投入运行后，为了安全运行、方便维修及日后改（扩）建，需要其保存完整竣工资料。因此，市政公用工程竣工测量是十分重要。

（一）工程竣工测量特点

（1）市政公用工程竣工图编绘具有边竣工、边编绘，分部编绘竣工图，实测竣工图等特点。需要在施工过程中收集一切有关的资料，加以整理，及时进行编绘。

（2）工程开工前应考虑和统筹安排竣工测量。

（3）测图方法应灵活，在传统测绘方法基础上引用新型的测图技术；以实测现状图为主，以资料收集为辅，并有编制、测绘相结合的特点。

（二）竣工图编绘基本要求

（1）市政公用工程竣工图应包括与施工图（及设计变更）相对应的全部图纸及根据工程竣工情况需要补充的图纸。

（2）各专业竣工图应符合规范标准以及合同文件规定。

（3）竣工总图编绘完成后，应经施工单位项目技术负责人、监理单位总监理工程师审核、会签。

二、编绘竣工图的方法和步骤

（一）准备工作

1. 竣工图的比例尺

竣工图的比例尺，厂区宜选用 1∶500，线状工程宜选用 1∶2000；坐标系统、高程基准、图幅大小、图上注记、线条规格应与原设计图一致，图例符号应符合《总图制图标准》GB/T 50103—2010 的规定。

2. 绘制竣工图

竣工测量应按规范规定补设控制网。受条件制约无法补设测量控制网时，可考虑以施工有效的测量控制网点为依据进行测量，但应在条件允许的范围内对重复利用的施工控制网点进行校核。控制点被破坏时，应在保证施测细部点的精度下进行恢复。对已有的资料应进行实地检测、校核，其允许偏差应符合《城市测量规范》CJJ/T 8—2011 的规定。

（二）竣工图的编绘

1. 绘制竣工图的依据

竣工图依据总平面布置图、施工设计图、设计变更文件、施工检测记录、竣工测量资料及其他有关资料绘制。

竣工总图的实测与编辑宜采用全站仪测图、RTK 测图、地面三维激光扫描测图及数字编辑成图的方法。编绘前应对所收集的资料进行实地对照检核，不符之处应实测其位置、高程及尺寸。

2. 根据设计资料展点成图

凡按设计坐标定位施工的工程，应以测量定位资料为依据，按设计坐标（或相对尺寸）和标高编绘。若原设计变更，则应根据设计变更资料编绘。

3. 根据竣工测量资料或施工检查测量资料展点成图

在市政公用工程施工过程中，在每一个单位（体）工程完成后，应该进行竣工测量，并提出其竣工测量成果。

对凡有竣工测量资料的工程，若竣工测量成果与设计值之间相差未超过规定的定位允许偏差时，按设计值编绘；否则应按竣工测量资料编绘。

4. 展绘竣工图的要求

（1）对于各种地上、地下管线，应绘出其中心位置，注明转折点及井位的坐标、高程及有关注明。

（2）当平面布置改变超过图上面积 1/3 时，不宜在原施工图上修改和补充，应重新绘制竣工图。

（3）对于大型和较复杂的工程，如将场区地上、地下所有建筑物和构筑物都绘在一张总平面图上，将会使图面线条密集，不易辨认。为了使图面清晰醒目，便于使用，可根据工程结构物的密集与复杂程度，按工程性质分类编绘竣工图。

（4）综合竣工图即全场性的总体竣工图，包括地上地下一切建（构）筑物和竖向布置及绿化情况等。如地上地下管线及运输线路密集，一般只编绘主要的。

5. 场区、道路、建（构）筑物工程竣工的编绘

（1）场区道路工程竣工测量包括中心线位置、高程、横断面形式、附属构筑物和地下管线的实际位置（坐标）、高程。

（2）新建地下管线竣工测量应在覆土前进行。当不能在覆土前施测时，应在覆土前设置管线待测点并将设置的位置准确地引到地面上，做好栓点。新建管线应按有关规定完成地下管线探查记录表。

（3）场区建（构）筑物竣工测量，如渗沥液处理设施和泵房等，对矩形建（构）筑物应注明两点以上坐标，圆形建（构）筑物应注明中心坐标及接地外半径；建（构）筑物室内地坪标高；构筑物间连接管线及各线交叉点的坐标和标高。

（4）应将场区设计或合同规定的永久观测坐标及其初始观测成果，随竣工资料一并移交建设单位。

6. 城市道路工程竣工的编绘

（1）道路工程竣工图应根据实际情况进行测量。道路中心直线段应每 25m 施测一个坐标和高程点；曲线段起终点、中间点，应每隔 15m 施测一个坐标和高程点；道路坡度变化点应加测坐标和高程。

（2）过街管道、路边沟道以及立交桥附属的地下管线等设施的竣工测量应在施工中进行。

（3）过街天桥应测注天桥底面高程，并应标注与路面的净空高。

7. 城市桥梁工程竣工的编绘

（1）在桥梁工程竣工后应对桥墩、桥面及其附属设施进行现状测量。

（2）每个桥墩应按地面实际大小施测角点或周边坐标和高程。

（3）桥面测量应沿梁中心线和两侧，并包括桥梁特征点在内，以 20～50m 间距施测坐标和高程点。

（4）桥梁工程竣工测量提交的资料宜包括 1∶500 桥梁竣工图、墩台中心间距表、桥梁中心线中桩高程一览表、桥梁竣工测量技术说明。

8. 地下管线工程竣工的编绘

（1）地下管线竣工测量宜在覆土前进行，主要包括交叉点、分支点、转折点、变材点、变径点、变坡点、起讫点、上杆、下杆以及管线上附属设施中心点等。

（2）地下管线检修井及其他构筑物起终点、转折点、三通等特征点的位置宜测定，井盖、井底、沟槽、井内敷设物、管顶等处的高程宜测定。

9. 地下建筑工程竣工的编绘

（1）地下建筑竣工测量主要包括起点、终点、转折点、交叉点、分支点、变坡点、断面变化点、材料分界点、地下管道穿越点、轮廓特征点及细部尺寸。

（2）竣工测量应按横断面和路面线型进行测量，横断面测量的间隔宜为 20～50m，路面线型测量的点位宜设置在道路中心。

（三）竣工图的附件

为了全面反映竣工成果，便于运行管理、维修和日后改（扩）建，下列与竣工图有关的一切资料，应分类装订成册，作为竣工图的附件保存。

（1）地下管线、地下隧道竣工纵断面图。

（2）道路、桥梁、水工构筑物竣工纵断面图。工程竣工以后，应进行路面（沿中心线）水准测量，以编绘竣工纵断面图。

（3）建筑场地及其附近的测量控制点布置图及坐标与高程一览表。

（4）建筑物或构筑物沉降及变形观测资料。

（5）工程定位、检查及竣工测量的资料。

（6）设计变更文件。

（7）建设场地原始地形图。

（四）随工程的竣工相继进行编绘

市政公用工程上道工序的成品会被下道工序隐蔽，或工程未验收已投入使用，工程持续时间长，过程变化因素多，必须随着分项、分部工程的竣工，及时编绘工程平面图，并由专人汇总各单位工程平面图编绘竣工图。

这种办法可及时利用当时竣工测量成果进行编绘，如发现问题，能及时到现场实测查对，同时由于边竣工、边编绘竣工图，可以考核和反映施工进度。

1K417020 监控量测

变形监测作业前，应收集相关水文地质、岩土工程资料和设计图纸，并应根据岩土工程地质条件、工程类型、工程规模、基础埋深、建筑结构和施工方法等因素，进行变形监测方案设计。方案设计应包括监测的目的、技术依据、精度等级、监测方法、监测基准及基准网精度估算和点位布设、观测周期、项目预警值、使用的仪器设备、数据处理方法和成果质量检验等内容。

观测前，应对所使用的仪器和设备进行检查、校正，并应做好记录。每期观测结束后，应将观测数据转存至计算机，并应进行处理。

1K417021 监控量测主要工作

（1）变形监测网的点位的构成宜包括基准点、工作基点和变形观测点。点位布设应符合下列规定：

1）基准点应选在变形影响区域之外稳固的位置，每个工程至少有 3 个基准点。

2）工作基点应选在比较稳定且方便使用的位置。

3）变形观测点应设立在能反映监测体变形特征的位置或监测断面上，需要时还应埋设应力、应变传感器。

（2）当开挖基坑为以下情况时，需实施基坑监测：

1）基坑设计安全等级为一、二级的基坑。

2）开挖深度大于或等于 5m 的下列基坑：土质基坑、极软岩基坑、破碎的软岩基坑、极破碎的岩体基坑；上部为土体，下部为极软岩、破碎的软岩、极破碎的岩体构成的土岩组合基坑。

3）开挖深度小于 5m 但现场地质情况和周围环境较复杂的基坑。

（3）基坑工程施工前，由建设方委托具备相应能力的第三方对基坑工程实施现场监测。监测单位编制监测方案，并经建设方、设计方等认可，必要时与基坑周边环境涉及的有关管理单位协商一致后方可实施。

（4）基坑工程监测范围根据基坑设计深度、地质条件、周边环境情况以及支护结构类型、施工工法等综合确定；采用施工降水时，需考虑降水及地面沉降的影响范围；采用爆破开挖时，爆破振动的监测范围应根据《爆破安全规程》GB 6722—2014 的相关规定并结合工程实际情况，通过爆破试验确定。

（5）现场监测的对象包括：支护结构；基坑及周围岩土体；地下水；周边环境中的

被保护对象，包括周边建筑、管线、轨道交通、铁路及重要的道路等；其他应监测的对象等。

（6）基坑变形监测周期应根据施工进程确定；当开挖速度或降水速度加快引起变形速率增大时，应增加观测次数；当变形量接近预警值或有事故征兆时，应持续观测。

（7）当基坑工程的监测方案存在变形量接近预警值情况时，需进行专项论证：

1）邻近重要建筑、设施、管线等破坏后果很严重的基坑工程。

2）工程地质、水文地质条件复杂的基坑工程。

3）已发生严重事故，重新组织施工的基坑工程。

4）采用新技术、新工艺、新材料、新设备的一、二级基坑工程。

5）其他需要论证的基坑工程。

（8）当基坑工程设计或施工有重大变更时，监测单位需与建设方及相关单位研究并及时调整监测方案。

（9）变形监测出现下列情况之一时，必须通知建设单位，提高监测频率或增加监测内容：

1）变形量或变形速率达到变形预警值或接近允许值。

2）变形量或变形速率变化异常。

3）建（构）筑物的裂缝或地表的裂缝快速扩大。

（10）监测结束阶段，监测单位向建设方提供监测总结报告，并将下列资料组卷归档：

1）监测方案。

2）基准点、监测点布设及验收记录。

3）阶段性监测报告。

4）监测总结报告。

1K417022 监控量测方法

一、基坑工程监测项目表（见表1K417022-1与表1K417022-2）

土质基坑工程仪器监测项目表　　表 1K417022-1

监测项目	基坑工程安全等级		
	一级	二级	三级
围护墙（边坡）顶部水平位移	应测	应测	应测
围护墙（边坡）顶部竖向位移	应测	应测	应测
深层水平位移	应测	应测	宜测
立柱竖向位移	应测	应测	宜测
围护墙内力	宜测	可测	可测
支撑轴力	应测	应测	宜测
立柱内力	可测	可测	可测
锚杆轴力	应测	宜测	可测
坑底隆起	可测	可测	可测

续表

监测项目		基坑工程安全等级		
		一级	二级	三级
围护墙侧向土压力		可测	可测	可测
孔隙水压力		可测	可测	可测
地下水位		应测	应测	应测
土体分层竖向位移		可测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	应测	宜测
周边建筑	竖向位移	应测	应测	应测
	倾斜	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	应测	应测
周边管线	竖向位移	应测	应测	应测
	水平位移	可测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

岩体基坑工程仪器监测项目表 **表 1K417022-2**

监测项目		基坑设计安全等级		
		一级	二级	三级
坑顶水平位移		应测	应测	应测
坑顶竖向位移		应测	宜测	可测
锚杆轴力		应测	宜测	可测
地下水、渗水与降雨关系		宜测	可测	可测
周边地表竖向位移		应测	宜测	可测
周边建筑	竖向位移	应测	宜测	可测
	倾斜	宜测	可测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边建筑裂缝、地表裂缝		应测	宜测	可测
周边管线	竖向位移	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
周边道路竖向位移		应测	宜测	可测

二、巡视检查

基坑工程施工和使用期内，每天均应由专人进行巡视检查。基坑工程巡视检查宜包括以下内容：

1．支护结构

（1）支护结构成型质量。

（2）冠梁、支撑、围檩或腰梁是否有裂缝。

（3）冠梁、围檩或腰梁的连续性，有无过大变形。

（4）围檩或腰梁与围护桩的密贴性，围檩与支撑的防坠落措施。

（5）锚杆垫板有无松动、变形。

（6）立柱有无倾斜、沉陷或隆起。

（7）止水帷幕有无开裂、渗漏水。

（8）基坑有无涌土、流砂、管涌。

（9）面层有无开裂、脱落。

2. 施工状况

（1）开挖后暴露的岩土体情况与岩土勘察报告有无差异。

（2）开挖分段长度、分层厚度及支撑（锚杆）设置是否与设计要求一致。

（3）基坑侧壁开挖暴露面是否及时封闭。

（4）支撑、锚杆是否施工及时。

（5）边坡、侧壁及周边地表的截水、排水措施是否到位，坑边或坑底有无积水。

（6）基坑降水、回灌设施运转是否正常。

（7）基坑周边地面有无超载。

3. 周边环境

（1）周边管线有无破损、泄漏情况。

（2）围护墙后土体有无沉陷、裂缝及滑移现象。

（3）周边建筑有无新增裂缝出现。

（4）周边道路（地面）有无裂缝、沉陷。

（5）邻近基坑施工（堆载、开挖、降水或回灌、打桩等）变化情况。

（6）存在水力联系的邻近水体（湖泊、河流、水库等）的水位变化情况。

4. 监测设施

（1）基准点、监测点完好状况。

（2）监测元件的完好及保护情况。

（3）有无影响观测工作的障碍物。

5. 根据设计要求或当地经验确定的其他巡视检查内容

1K417023 监控量测报告

监测技术成果应有相关负责人签字，并加盖成果章。技术成果应包括当日报表、阶段性分析报告和总结报告。技术成果提供的内容应真实、准确、完整，并宜采用文字阐述与绘制变化曲线或图形相结合的形式表达。技术成果应按时报送。

一、当日报表应包括的内容

（1）当日的天气情况和施工现场的工况。

（2）仪器监测项目各监测点的本次测试值、单次变化值、变化速率以及累计值等，必要时绘制有关曲线图。

（3）巡视检查的记录。

（4）对监控量测项目应有正常或异常的判断性结论。

（5）对达到或超过监测预警值的监测点应有预警标示，并有分析和建议。

（6）对巡视检查发现的异常情况应有详细描述，危险情况应有报警标示，并有原因分析和建议。

（7）其他相关说明。

二、阶段性报告内容

（1）该监测期相应的工程、气象及周边环境概况。

（2）该监测期的监测项目及测点的布置图。

（3）各项监测数据的整理、统计及监测成果的过程曲线。

（4）各监测项目监测值的变化分析、评价及发展预测。

（5）相关的设计和施工建议。

三、总结报告内容

（1）工程概况。

（2）监测依据。

（3）监测项目。

（4）监测点布置。

（5）监测设备和监测方法。

（6）监测频率。

（7）监测预警值。

（8）各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述。

（9）监测工作结论与建议。

【案例1K417023】

1. 背景

某市政土质基坑工程，基坑侧壁安全等级为一级，基坑平面尺寸为22m×200m，基坑挖深为10m，地下水位于地面下5m。采用地下连续墙围护，设三道钢支撑。基坑周围存在大量地下管线等建（构）筑物。

为保证基坑开挖过程中的安全，施工单位编制了监测方案，监测方案包括：工程概况、场地的工程地质、水文地质条件及基坑周边环境状况、监测目的和依据、监测范围、对象及项目、监测数据处理、分析与信息反馈。施工过程中，监测单位根据监测方案对基坑进行了监测，并且在工程结束后，向施工单位提交了监测报告。

2. 问题

（1）本工程监测方案内容是否全面，如不全面还应包括哪些内容？

（2）根据背景资料及《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497—2019，应监测哪些项目？

（3）监测单位的做法有哪些不妥之处？

（4）简述监测总结报告包括的内容。

3. 参考答案

（1）不全面。基坑开挖前应作出系统的开挖监控方案，监控方案还应包括：基准点、监测点的布设与保护、监测方法和精度、监测期和监测频率、监测预警及异常情况下的监测措施、监测人员配备、监测仪器设备及检定要求、作业安全及其他管理制度。

所以，本工程的监测方案并不全面，应按规定予以补充。

（2）根据《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497—2019，基坑工程监测项目可按表 1K417022-1 选择。

本工程侧壁安全等级为一级，应监测的项目有：地下连续墙顶部水平位移，地下连续墙墙顶部竖向位移，深层水平位移，立柱竖向位移，支撑轴力，地下水位，周边地表竖向位移，周边建筑竖向位移、周边建筑倾斜，周边建筑裂缝、地表裂缝，周边管线竖向位移，周边道路竖向位移。

（3）不妥之处：本工程监测单位在工程结束后才向施工单位提交监测报告，失去了监测的意义。

正确做法：基坑开挖监测过程中，监测单位应按照监测方案进行监测，施工单位应根据监测结果调整施工方案。

（4）工程结束时应提交完整的监测总结报告，监测总结报告内容应包括：

1）工程概况。

2）监测依据。

3）监测项目。

4）监测点布置。

5）监测设备和监测方法。

6）监测频率。

7）监测预警值。

8）各监测项目全过程的发展变化分析及整体评述。

9）监测工作结论与建议。


1K420000
扫一扫
看本章精讲课
配套章节自测

1K420000 市政公用工程项目施工管理

1K420010 市政公用工程施工招标投标管理

1K420011 招标投标管理

工程施工招标投标活动应当遵循公开、公平、公正和诚实信用的原则。工程施工招标投标活动，依法由招标人负责。任何单位和个人不得以任何方式非法干涉工程施工招标投标活动。施工招标投标活动不受地区或者部门的限制。

一、招标文件编制原则

（1）招标文件（包括资格预审文件）应按《中华人民共和国招标投标法》（中华人民共和国主席令第 21 号，2017 年 12 月 27 日修订，后文简称《招标投标法》）、《房屋建筑和市政基础设施工程施工招标投标管理办法》（中华人民共和国建设部令第 89 号，并经中华人民共和国住房和城乡建设部令第 43 号、47 号修正）的有关规定和地方政府有关规定和要求编制。

（2）招标文件内容应全面、条件合理、标准明确、文本规范，以最大限度减少招标投标和合同履行过程中产生的矛盾、争议和纠纷，保证招标投标工作的顺利进行。

（3）依法公开招标的工程，应本着严格、准确的原则，依据《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500—2013 编制工程量清单或计价。

二、招标

招标人根据施工招标项目的特点和需要编制招标文件。

（一）招标文件主要内容

（1）招标公告（或投标邀请书）。

（2）投标人须知。

（3）合同主要条款。

（4）投标文件格式。

（5）工程量清单。

（6）技术条款。

（7）设计图纸。

（8）评定标准和方法。

（9）投标其他材料。

（二）招标方式

工程施工招标分为公开招标和邀请招标：

采用公开招标方式的，招标人应当发布招标公告，邀请不特定的法人或者其他组织投标。依法必须进行施工招标项目的招标公告，应当在国家指定的报刊和信息网络上发布。

采用邀请招标方式的，招标人应当向三家以上具备承担施工招标项目的能力、资信良

好的特定法人或者其他组织发出投标邀请书。

（三）招标公告

招标公告或者投标邀请书应当至少载明下列内容：

（1）招标人的名称和地址。

（2）招标项目的内容、规模、资金来源。

（3）招标项目的实施地点和工期。

（4）获取招标文件或者资格预审文件的地点和时间。

（5）对招标文件或者资格预审文件收取的费用。

（6）对投标人资质等级以及相应类似业绩的要求。

（四）资格预审

资格审查分为资格预审和资格后审。

资格预审是指在投标前对潜在投标人进行的资格审查。

资格后审是指在开标后对投标人进行的资格审查。

三、投标

投标人应当按照招标文件的要求编制投标文件。投标文件应当对招标文件提出的实质性要求和条件作出响应。

（一）投标文件组成

通常由商务部分、经济部分、技术部分等组成。

（二）投标文件应包括主要内容

1．商务部分

（1）投标函及投标函附录。

（2）法定代表人身份证明或附有法定代表人身份证明的授权委托书。

（3）联合体协议书。

（4）投标保证金。

（5）资格审查资料。

（6）投标人须知前附表规定的其他材料。

投标人须知前附表规定不接受联合体投标的，或投标人没有组成联合体的，投标文件不包括上述（3）所指的联合体协议书。

2．经济部分

（1）投标报价。

（2）已标价的工程量清单。

（3）拟分包项目情况等。

3．技术部分（主要内容）

（1）主要施工方案。

（2）进度计划及措施。

（3）质量保证体系及措施。

（4）安全管理体系及措施。

（5）消防、保卫、健康体系及措施。

（6）文明施工、环境保护体系及措施。

（7）风险管理体系及措施。

（8）机械设备配备及保障。

（9）劳动力、材料配置计划及保障。

（10）项目管理机构及保证体系。

（11）施工现场总平面图等。

（三）投标保证金

招标人可以在招标文件中要求投标人提交投标担保。投标担保可以采用投标保函或者投标保证金的方式。投标保证金可以使用支票、银行汇票等。

投标保证金一般不得超过投标估算价的2%。投标保证金有效期应当与投标有效期一致。

投标人应当按照招标文件要求的方式和金额，将投标保证金随投标文件提交给招标人。投标人不按招标文件要求提交投标保证金的，该投标文件将被拒绝，作废标处理。

四、电子招标投标

《电子招标投标办法》（八部委令第20号）与《中华人民共和国政府采购法实施条例》（中华人民共和国国务院令第658号）已明确国家实行统一的政府采购电子交易平台建设标准，推动利用信息网络进行电子化的政府采购活动。随着信息网络技术的飞速发展，电子招标投标已在建设工程施工招标投标工作中全面展开，不久的将来电子招标投标文件将全面替代传统书面招标投标文件。

现将工程施工电子招标投标与传统招标投标的不同之处陈述如下：

1．招标文件网上下载

投标单位在网上报名，满足招标文件对投标单位的资格要求后，可自行从网上下载招标文件，不再需要去招标代理单位购买。

2．现场踏勘

招标单位不再组织现场踏勘，投标单位可以根据招标文件上标明的项目地址，去拟投标项目的现场自行踏勘。

3．取消了现场答疑环节

投标单位对招标文件的疑问或在自行踏勘后对项目现场的疑问可以在网上向招标方提出问题，招标单位将以补遗招标文件形式在网上发布，投标单位须重新下载招标补遗文件。

4．投标

在招标文件规定的投标截止时间前，按照招标文件的要求在线上提交投标文件，不再需要打印包装。

5．投标保证金

电子招标中投标保证金主要由投标保函体现，开具投标保函主要关注：

（1）保函有效期与投标有效期一致并满足招标文件要求。

（2）保函的开具银行要注意满足招标文件中的要求。

6．开标

投标单位带投标文件的密钥以及招标文件中要求的开标会资料开标。

特别说明：在政府采购建设项目招标投标过程中，开标也在线上进行。

7. 评标

评标工作在线上进行。投标文件编制必须对照投标模块否决评审条款，避免因违反规定致使初步评审不通过。

【案例1K420011】

1. 背景

某市政工程项目由政府投资建设，建设单位委托某招标代理公司代理施工招标。招标代理公司确定该项目采用公开招标方式招标，招标公告仅在当地政府规定的招标信息网上发布，招标文件对省内的投标人与省外的投标人提出了不同的要求。招标文件中规定：投标担保可采用投标保证金或投标保函方式担保。评标方法采用经评审的最低投标价法，投标有效期为60d。

项目施工招标信息发布以后，共有12个潜在投标人报名参加投标。为减少评标工作量，建设单位要求招标代理公司对潜在投标人的资质条件、业绩进行资格审查后确定6家为投标人。

开标后发现：A投标人的投标报价为8000万元，为最低投标价。B投标人在开标后又提交了一份补充说明，可以降价5%。C投标人提交的银行投标保函有效期为50d。D投标人投标文件的投标函盖有企业及企业法定代表人的印章，没有项目负责人的印章。E投标人与其他投标人组成了联合体投标，附有各方资质证书，没有联合体共同投标协议书。F投标人的投标报价最高，故F投标人在开标后第二天撤回其投标文件。

经过标书评审：A投标人被确定为第一中标候选人。发出中标通知书后，招标人和A投标人进行合同谈判，希望A投标人能再压缩工期、降低费用。经谈判后双方达成一致：不压缩工期，降价3%。

2. 问题

（1）本工程项目招标公告和招标文件有无不妥之处？给出正确做法。

（2）建设单位要求招标代理公司对潜在投标人进行资格审查的内容是否全面？为什么？

（3）A、B、C、D、E投标人投标文件是否有效？F投标人撤回投标文件的行为应如何处理？

（4）项目施工合同如何签订？合同价格应是多少？

3. 参考答案

（1）不妥之处一："招标公告仅在当地政府规定的招标信息网上发布"。

正确做法：公开招标项目的招标公告，必须在指定媒介发布，任何单位和个人不得非法限制招标公告的发布地点和发布范围。

不妥之处二："对省内的投标人与省外的投标人提出了不同的要求"。

正确做法：公开招标应当平等地对待所有的投标人，不允许对不同的投标人提出不同的资格审查或评标标准。

（2）"建设单位提出的仅对潜在投标人的资质条件、业绩进行资格审查"不全面。因为资质审查的内容还应包括：① 信誉；② 技术；③ 拟投入人员；④ 拟投入机械；⑤ 财务状况等。

（3）A投标人的投标文件有效。

B投标人的投标文件（或原投标文件）有效，但补充说明无效，因开标后投标人不能变更（或更改）投标文件的实质性内容。

C投标人投标文件无效，因投标保函有效期小于投标有效期。

D投标人投标文件有效。

E投标人投标文件无效。因为组成联合体投标的，投标文件应附联合体各方共同投标协议。

F投标人的投标文件有效。

对F单位撤回投标文件的要求，应当没收其投标保证金。因为投标行为是一种要约，所以在投标有效期内撤回其投标文件的，应当视为违约行为。

（4）该项目应自中标通知书发出后30d内按招标文件和A投标人的投标文件签订书面合同，双方不得再签订背离合同实质性内容的其他协议。合同价格应为8000万元。

1K420012 招标条件与程序

一、工程施工招标条件

（一）公开招标

依法必须招标的工程建设项目，应当具备下列条件才能进行施工招标：

（1）招标人已经依法成立。

（2）初步设计及概算应当履行审批手续的，已经批准。

（3）招标范围、招标方式和招标组织形式等应当履行核准手续的，已经核准。

（4）有相应资金或资金来源已经落实。

（5）有招标所需的设计图纸及技术资料。

（二）邀请招标

符合公开招标条件，有下列情形之一的，经批准可以进行邀请招标：

（1）项目技术复杂或有特殊要求，只有少量几家潜在投标人可供选择的。

（2）受自然地域环境限制的。

（3）涉及国家安全、国家秘密或者抢险救灾，适宜招标但不宜公开招标的。

（4）拟公开招标的费用与项目的价值相比，不值得的。

（5）法律、法规规定不宜公开招标的。

国家重点建设项目的邀请招标，应当经国务院相关部门批准；地方重点建设项目的邀请招标，应当经各省、自治区、直辖市人民政府批准。

二、工程施工招标程序

（一）招标文件编制

（1）确定招标项目划分、合同的形式、计价模式及材料（设备）的供应方式，是编制招标文件的基础。

（2）计算工程量和相应工程量费用：

依据工程设计图纸、市场价格、相关定额及计价方法进行工程量及相应工程量费用计算。

（3）确定开、竣工日期：

根据项目总工期的需求和工程实施总计划、各项目、各阶段的衔接要求，确定各分包项目的起始时间。

（4）确定工程的技术要求和质量标准：

根据对工程技术、设计要求及有关规范的要求，确定分包项目执行的规范标准和质量验收标准，满足总承包方对分包项目提出的特殊要求。

（5）拟定合同主要条款：

一般施工合同包括合同协议书、通用条款、专用条款三部分，招标文件应对专用条款中的主要内容作出实质性规定，使投标方能够作出正确的响应。

（6）确定招标工作日程：

按照有关规定，合理制定发标、投标、开标、评标、定标日期。发标和投标时间间隔根据需要制定；最短时间间隔不得少于《招标投标法》规定的20d。

（7）分包项目招标文件的编制要求：

招标文件要求内容完整、用词规范，充分表达招标方的意愿和要求，使投标方能够对招标文件作出相应正确的响应。

（二）发布招标公告

（1）通常在指定媒体、行业或当地政府规定的招标信息网上发布招标公告。

（2）发售标书。

（3）组织或要求投标人自行踏勘现场。

（4）澄清招标文件和答疑。

（5）开标。

（三）评标程序

（1）评标专家的选择应在评标专家库采用计算机随机抽取并采用严格的保密措施和回避制度，以保证评委产生的随机性、公正性、保密性。评标委员会中招标人的代表应当具备评标专家的相应条件，工程项目主管部门人员和行政监督部门人员不得作为专家和评标委员会的成员参与评标。

（2）招标人应根据工程项目的复杂程度、工程造价、投标人数量，合理确定评标时间，以保证评标质量。应按照评审时间、评委的技术职称、工作职责等，合理确定评标专家评审费用。

（3）采用综合评估的方法，但不能任意提高技术部分的评分比重，一般技术部分的分值权重不得高于40%，报价和商务部分的分值权重不得少于60%。

（4）所有的评标标准和方法必须在招标文件中详细载明，要求表达清晰、含义明确，以最大限度地削减评标专家的自由裁量权，杜绝人为因素。

（5）在量化评分中，评标专家只有发现问题才可扣分，并书面写明扣分原因。对于评委评分明显偏高或偏低的，可要求该评委当面说明原因。

（6）对于技术较为复杂工程项目的技术标书，应采用暗标制作文件，进行暗标评审。

（7）依据评分，评标委员会推荐出中标单位排名顺序。

（四）评标公示

（1）评标委员会完成评标后应向招标人提出书面评标报告。

（2）评标报告由评标委员会全体成员签字。

（3）招标人应当自收到评标报告后之日起3d内公示中标候选人，公示期不得少于3d。

（4）中标通知书由招标人发出。

（五）定标原则

（1）评标委员会推荐出中标单位排名顺序，应选择排名第一的中标候选人为中标人；如排名第一的中标候选人放弃其中标资格或未遵循招标文件要求被取消中标资格，应由排名第二的中标候选人为中标人，以此类推。

（2）如果出现前三名中标候选人均放弃中标资格或未遵循招标文件要求被取消中标资格的，招标人应重新组织招标。

（六）订立合同

（1）招标人应在接到评标委员会的书面评标报告并公示期满后5d内，依据推荐结果确定排名第一中标人，并发出中标通知书。

（2）招标人不承诺将合同授予报价最低的投标人。

（3）中标通知书发出30d内双方签订合同文件。

1K420013 投标条件与程序

一、投标条件及投标前准备工作

（一）投标人基本条件

（1）应具备承担招标项目的能力，即投标人应具备法律法规规定的资质等级。

（2）应符合招标文件对投标人资格规定的条件，主要有：

1）资质要求：具有招标条件要求的资质证书，并为独立的法人实体。

2）业绩要求：近三年承担过类似工程项目施工，并有良好的工程业绩和履约记录。

3）财务要求：财产状况良好，没有经济方面的亏损或违法行为。

4）质量安全：近几年没有发生重大质量、特大安全事故。

（3）应能真实、完整地填报投标文件。

（二）投标前准备工作

（1）投标人在编制投标书前应仔细研究和正确理解招标文件的全部内容。投标文件应当对招标文件有关施工工期、投标有效期、质量要求、技术标准和招标范围等实质性内容作出响应。切勿对招标文件要求进行修改或提出保留意见。

（2）投标文件必须严格按照招标文件的规定编写，填写表格时应根据招标文件的要求，否则在评标时就认为放弃此项要求。重要的项目或数字（质量等级、价格、工期等）如未填写，将作为无效或作废投标文件处理。

（3）投入本项目的主要人员简历及所需证明材料（证件复印件）应满足招标文件的要求。

二、标书编制程序

（一）准备工作

（1）要熟悉图纸和设计说明，不明确的地方要在有效时间内向招标人质疑。

（2）踏勘现场，了解实地情况，作为编制施工方案、措施项目、计算风险费用等相关

费用的依据。

（3）了解招标文件规定的招标范围，材料、半成品和设备的加工订货情况，工程质量和工期的要求，物资供应方式等；应仔细研究和正确理解招标文件的全部内容，明确招标文件中的计价方法和要求。

（4）对工程使用的材料、设备进行询价。询价是投标工作的重要基础。投标时除应注意参考定额站的信息价格外，更重要的是实际询价，调查当地市场价。询价的主要内容应包括：材料市场价、当地人工的行情价、机械设备的租赁价、分部分项工程的分包价等。必须根据当时当地的市场情况、材料供求情况和材料价格情况，采用当地的定额标准、当地的相关费用标准、当地的相关政策和规定等因素确定报价，这样才能使报价具有竞争力。

（二）技术标书编制

技术标书编制的主要内容与要求如下：

（1）主要施工方案：编制关键分项工程的施工方案和危险性较大的分部分项工程施工专项方案，全面且针对性强，重点、难点把握准确，措施可靠。

（2）进度计划及措施：根据合同工期，满足要求、保障措施合理。

（3）质量保证体系及措施：质量控制点分析全面，措施有力。

（4）安全管理体系及措施：体系完整、措施有力、风险评估全面准确、事故应急处理预案全面，有针对性。

（5）消防、保卫、健康体系及措施：体系完整、内容全面、措施有力。

（6）文明施工、环境保护体系及措施：符合地区的规定，内容全面。

（7）风险管理体系及措施：管理方案和措施有力。

（8）机械设备配备及保障：能够满足招标文件的要求。

（9）劳动力、材料配置计划及保障：满足人力要求，材料使用计划合理。

（10）项目管理机构及保证体系：岗位设计齐全、责任明确。

（11）施工现场总平面图：现场平面图布置合理，满足文明施工、卫生防疫、消防的要求，相应设备齐全。

（三）经济标书编制

（1）依据招标文件、设计图纸、施工组织设计、市场价格、相关定额及计价方法进行仔细的计算和分析。

（2）应根据招标文件中提供的相关说明和施工图，重新校对工程数量，并根据核对的工程数量确定报价；工程量清单给出的数量只是工程实体的数量，在组价的过程中还需计算施工中所增加的数量，合理的组价必须计算工程数量。

（3）分部分项工程费应按招标文件中分部分项工程量清单项目的特征描述确定综合单价计算。综合单价应考虑招标文件中要求投标人承担的风险费用。招标文件中提供了暂估单价的材料，按暂估的单价计入综合单价。

（4）措施项目清单可作调整。通常招标单位只列出措施费项目或不列项目，投标人应分析研究清单项目，采取必要措施降低投标报价风险。投标人对招标文件中所列项目，可根据企业自身特点和工程实际情况结合施工组织设计对招标人所列的措施项目作适当的增减。

（5）暂估价中的材料和设备单价应按照招标人在招标工程量清单中列出的单价计入相应清单项目的综合单价中；暂估价中的专业工程金额应按照招标工程量清单中列出的金额计算；计日工应按招标工程量清单中列出的项目，根据工程特点和有关计价依据确定综合单价计算；暂列金额应按照招标工程量清单其他项目费中列出的金额计算，不得修改和调整。

（6）投标人应按招标人提供的工程量清单填报价格。填写的项目编码、项目名称、项目特征、计量单位、工程量必须与招标人提供的一致。

（7）根据掌握的有关信息和市场的动态分析，进行必要的调整，最后确定报价。当招标人不设拦标价时，投标人必须在分析竞争对手的基础上测算后决定报价，以期获得较理想的投标结果。

（四）投标报价策略

（1）投标策略是投标人经营决策的组成部分，从投标的全过程分析主要表现有生存型、竞争型和盈利型。

（2）组价后还可采取投标报价技巧，以既不提高总价、不影响中标，又能获得较好的经济回报为原则，调整内部各个项目的报价。

（3）保证质量、工期的前提下，在保证预期的利润及考虑一定风险的基础上确定最低成本价，在此基础上采取适当的投标技巧可以提高投标文件的竞争性。最常用的投标技巧是不平衡报价法。

三、标书制作与递交

（一）标书制作

（1）投标文件编制完成后应反复核对，尽量避免涂改、行间插字或删除。

（2）投标文件打印复制后，由投标的法定代表人或其委托代理人签字或盖单位章。签字或盖章的具体要求见投标人须知前附表，包括加盖公章、法人代表签字、注册造价工程师签字盖专用章以及按招标文件要求的密封标志等。

（3）投标文件的正本与副本应分别装订成册，并编制目录，具体装订要求见投标人须知前附表规定。投标文件的正本与副本应分开包装，封套上应清楚地标记“正本”或“副本”字样。投标文件正本一份，副本份数见投标人须知前附表。

（4）按要求对投标文件密封。对投标文件进行密封既是保护投标人的权利又是保护招标人的基本要求。

（二）标书递交

（1）按照招标文件规定，递交投标文件。

（2）参加开标的授权委托人应携带授权委托书、身份证原件和复印件。

1K420020 市政公用工程造价管理

1K420021 设计概算的应用

工程设计概算是初步设计或扩大初步设计阶段，由设计单位按设计内容概略算出该工程从立项开始到交付使用之间全过程发生的建设费用文件。设计单位根据初步设计或扩大初步设计的图纸及说明，利用国家或地区颁发的概算指标、概算定额或综合指标预算定

额、设备材料预算价格等资料，按照设计要求，概略地计算建筑物或构筑物的造价文件。其特点是编制工作较为简单，在精度上没有施工预算准确。采用两阶段设计的建设项目，初步设计阶段必须编制设计概算；采用三阶段设计的，扩大初步设计阶段必须编制修正概算。

一、设计概算作用与分级

（一）设计概算作用

建设项目设计概算是设计文件的重要组成部分，是确定和控制建设项目全部投资的文件，是编制固定资产投资计划、实行建设项目投资包干、签订承发包合同的依据，是签订贷款合同、项目实施全过程造价控制管理以及考核项目经济合理性的依据。

（二）设计概算分级

通常可分为单位工程概算、单项工程综合概算、建设工程总概算三级。

（1）单位工程概算：市政公用工程的单位工程往往包括多个专业的建设内容，如道路、桥梁、给水、排水、供热、燃气、垃圾填埋等专业工程，其单位工程概算包含这些有关专业的工程概算，同时还包含与之配套的设备及安装工程的概算。

（2）单项工程综合概算：是确定单项工程所需建设费用的文件，由各单位工程概算汇编而成。当不编制建设项目总概算时，单项工程综合概算除应包括各单位工程概算外，还应列出工程建设其他费用概算。

（3）建设工程总概算：是确定整个建设工程从立项到竣工验收所需建设费用的文件。它由各单项工程综合概算、工程建设其他费用以及预备费用概算汇总编制而成。

二、设计概算应包括的主要内容

（一）编制说明

（1）项目概况：简述建设项目的建设地点、设计规模、建设性质（新建、扩建或改建）、工程类别、建设期（年限）、主要工程内容、主要工程量、主要工艺设备及数量等。

（2）主要技术经济指标：项目概算总投资（有引进的给出所需外汇额度）及主要分项投资、主要技术经济指标（主要单位投资指标）等。

（3）资金来源：按资金来源不同渠道分别说明，发生资产租赁的说明租赁方式及租金。

（4）编制依据。

（5）其他需要说明的问题。

（6）总说明附表：

1）建筑、安装工程工程费用计算程序表。

2）引进设备材料清单及从属费用计算表。

3）具体建设项目概算要求的其他附表及附件。

（二）概算总投资

（1）概算总投资由工程费用、其他费用、预备费及应列入项目概算总投资中几项费用组成。

工程费用（第一部分费用）按单项工程综合概算组成编制，采用二级编制的按单位工程概算组成编制。市政公用建设项目一般排列顺序为：主体建（构）筑物、辅助建（构）

筑物、配套系统；工业建设项目一般排列顺序为：主要工艺生产装置、辅助工艺生产装置、公用工程、总图运输、生产管理服务性工程、生活福利工程、厂外工程。

预备费包括基本预备费和价差预备费。应列入项目概算总投资中的几项费用，一般包括建设期利息、铺底流动资金、固定资产投资方向调节税（暂停征收）等。

（2）综合概算以单项工程所属的单位工程概算为基础，采用"综合概算表"进行编制，分别按各单位工程概算汇总成若干个单项工程综合概算。对单一的、具有独立性的单项工程建设项目，按二级编制形式编制，直接编制总概算。

（三）单位工程概算编制

（1）单位工程概算是编制单项工程综合概算（或项目总概算）的依据，单位工程概算项目根据单项工程中所属的每个单体按专业分别编制。单位工程概算一般分建筑工程、设备及安装工程两大类。

（2）建筑工程概算采用"建筑工程概算表"编制，按构成单位工程的主要分部分项工程编制，根据初步设计工程量按工程所在省、市、自治区颁发的概算定额（指标）或行业概算定额（指标），以及工程费用定额计算。

（3）设备及安装工程概算费用由设备购置费和安装工程费组成。

定型或成套设备购置费＝设备出厂价格＋运输费＋采购保管费 （1K420021-1）

引进设备费用分外币和人民币两种支付方式，外币部分按美元或其他国际主要流通货币计算。

非标准设备原价有多种不同的计算方法，如综合单价法、成本计算估价法、系列设备插入估价法、分部组合估价法、定额估价法等。一般采用不同种类设备综合单价法计算，计算公式如下：

设备费＝Σ综合单价（元/t）×设备单重（t） （1K420021-2）

工具、器具及生产家具购置费一般以设备购置费为计算基数，按照部门或行业规定的工具、器具及生产家具费率计算。

（四）概算调整

（1）设计概算批准后，一般不得调整。由于下列原因需要调整概算时，由建设单位调查分析变更原因，报主管部门审批同意后，由原设计单位核实编制调整概算，并按有关审批程序报批。调整概算的原因：

1）超出原设计范围的重大变更。

2）超出基本预备费规定范围不可抗拒的重大自然灾害引起的工程变动和费用增加。

3）超出工程造价调整预备费的国家重大政策性的调整。

（2）影响工程概算的主要因素已经清楚，工程量完成了一定量后方可进行调整，一个工程项目只允许调整一次概算。

（3）调整概算编制深度与要求、文件组成及表格形式同原设计概算，调整概算还应对工程概算调整的原因做详尽分析说明，所调整的内容在调整概算总说明中要逐项与原批准概算对比，并编制调整前后概算对比表，分析主要变更原因。

（4）在上报调整概算时，应同时提供有关文件和调整依据。

三、概算文件的编审程序和质量控制

（1）设计概算文件编制的有关单位应当一起制定编制原则、方法，以及确定合理的概

算投资水平，对设计概算的编制质量、投资水平负责。

（2）项目设计负责人和概算负责人对全部设计概算的质量负责；概算文件编制人员应参与设计方案的讨论；设计人员要树立以经济效益为中心的观念，严格按照批准的工程内容及投资额度设计，提出满足概算文件编制深度的技术资料；概算文件编制人员对投资的合理性负责。

（3）概算文件需经编制单位自审，建设单位（项目业主）复审，工程造价主管部门审批。

（4）概算文件的编制与审查人员必须具有国家注册造价工程师资格，或者具有省市（行业）颁发的造价员资格证，并根据工程项目大小按持证专业承担相应的编审工作。

（5）各造价协会（或者行业）、造价主管部门可根据所主管的工程特点制定概算编制质量的管理办法，并对编制人员采取相应的措施进行考核。

1K420022 施工图预算的应用

建设项目施工图预算（以下简称施工图预算）是建设工程项目招标投标和控制施工成本的重要依据。

一、施工图预算的作用与组成

（一）施工图预算的作用

1. 施工图预算对建设单位的作用

（1）施工图预算是施工图设计阶段确定建设工程项目造价的依据，是设计文件的组成部分。

（2）施工图预算是建设单位在施工期间安排建设资金计划和使用建设资金的依据。

（3）施工图预算是招标投标的重要基础，既是工程量清单的编制依据，也是标底编制的依据。

（4）施工图预算是拨付进度款及办理结算的依据。

2. 施工图预算对施工单位的作用

（1）施工图预算是确定投标报价的依据。

（2）施工图预算是施工单位进行施工准备的依据，是施工单位在施工前组织材料、机具、设备及劳动力供应的重要参考，是施工单位编制进度计划、统计完成工作量、进行经济核算的参考依据。

（3）施工图预算是项目二次预算测算、控制项目成本及项目精细化管理的依据。

（二）施工图预算编制形式与组成

（1）当建设项目只有一个单项工程时，应采用二级预算编制形式，二级预算编制形式由建设项目总预算和单位工程预算组成。

（2）当建设项目有多个单项工程时，应采用三级预算编制形式，三级预算编制形式由建设项目总预算、单项工程预算、单位工程预算组成。

建设项目总预算是反映施工图设计阶段建设项目投资总额的造价文件，是施工图预算文件的主要组成部分，由组成建设项目的各个单项工程预算和相关费用组成。

单项工程预算是反映施工图设计阶段一个单项工程（设计单元）造价的文件，是总预

算的组成部分，由构成该单项工程的各个单位工程施工图预算组成。

单位工程预算是依据单位工程施工图设计文件、现行预算定额以及人工、材料和施工机具台班价格等，按照规定的计价方法编制的工程造价文件。市政公用工程施工图预算包括各专业工程预算和通用安装工程预算。市政公用工程施工图预算是城市功能各专业单位工程施工图预算的总称。

二、施工图预算的编制方法

（一）施工图预算的计价模式

（1）传统计价模式，又称为定额计价模式，是采用国家主管部门或地方统一规定的定额和取费标准进行工程计价来编制施工图预算的方法。市政公用工程多年一直使用定额计价模式，取费标准依据《全国统一市政工程预算定额》和地方统一的市政工程预算定额。一些大型企业还自行编制企业内部的施工定额，以提升企业的管理水准。

（2）工程量清单计价模式是指按照国家统一的工程量计算规则，工程数量采用综合单价的形式计算工程造价的方法。计价主要依据是市场价格和企业的定额水平，与传统计价模式相比，计价基础比较统一，在很大程度上给了企业自主报价的空间。

（二）施工图预算编制方法

（1）工料单价法是指分部分项工程单价为直接工程费单价，直接工程费汇总后另加其他费用，形成工程预算价。具体可分成预算单价法、实物法。预算单价法取费依据是《全国统一市政工程预算定额》和地方统一的市政工程预算定额；实物法是依据施工图纸和预算定额的项目划分及工程量计算规则，先计算出分部分项工程量，然后套用预算定额（实物量定额）编制施工图预算的方法，但分部分项工程中工料单价应依据市场价格计价。

（2）综合单价法是指分部分项工程单价综合了直接工程费以外的多项费用，依据综合内容不同，还可分为全费用综合单价和部分费用综合单价。我国目前推行的建设工程工程量清单计价其实就是部分费用综合单价，单价中未包括措施项目费、规费和税金，所以在工程施工图预算编制中必须考虑这部分费用在计价、组价中存在的风险。

三、施工图预算的应用

（一）招标投标阶段

（1）施工图预算是招标单位编制标底的依据，也是工程量清单编制依据。

（2）施工图预算造价是施工单位投标报价的依据。投标报价时应在分析企业自身优势和劣势的基础上进行报价，以便在市场激烈竞争中赢得工程项目。

（二）工程实施阶段

（1）施工图预算在施工单位进行工程项目施工准备和编制实施性施工组织设计时，提供重要的参考作用。

（2）施工图预算是施工单位进行成本控制的依据，也是项目部进行成本目标控制的主要依据。

（3）施工图预算也是工程费用调整的依据。工程预算批准后，一般情况下不得调整。在出现重大设计变更、政策性调整及不可抗力等情况时可以调整。调整预算编制深度与要求、文件组成及表格形式同原施工图预算。调整预算还应对工程预算调整的原因做详尽分析说明，所调整的内容在调整预算总说明中要逐项与原批准预算对比，并编制

调整前后预算对比表，分析主要变更原因。在上报调整预算时，应同时提供有关文件和调整依据。

1K420023 工程量清单计价的应用

《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500—2013（以下简称《清单计价规范》），于2013年7月1日起颁布实施。

一、工程量清单计价有关规定

（1）使用国有资金投资的建设工程，必须采用工程量清单计价。

（2）工程量清单应采用综合单价计价。

（3）措施项目中的安全文明施工费必须按国家或省级、行业建设主管部门的规定计算，不得作为竞争性费用。

（4）实行工程量清单计价的招标投标的建设工程项目，其招标标底、投标报价的编制、合同价款确定与调整、工程结算应按《清单计价规范》执行。

（5）《清单计价规范》规定，建设工程发承包及实施阶段的工程造价应由分部分项工程费、措施项目费、其他项目费、规费和税金组成。

1）分部分项工程量清单应采用综合单价法计价。综合单价是完成一个规定计量单位的分部分项工程量清单项目或措施清单项目所需的人工费、材料费、施工机具使用和企业管理费与利润，以及一定范围内的风险费用。

2）招标文件中的工程量清单标明的工程量是投标人投标报价的共同基础，竣工结算的工程量按发、承包双方在合同中约定应予计量且实际完成的工程量确定。

3）措施项目清单计价，可以计算工程量的措施项目应按分部分项工程量清单的方式采用综合单价计价；其余的措施项目可以“项”为单位来计价，应包括除规费、税金外的全部费用。

4）措施项目清单中的安全文明施工费应按照国家或省级、行业建设主管部门的规定计价，不得作为竞争性费用。

5）规费和税金应按国家或省级、行业建设主管部门的规定计算，不得作为竞争性费用。

（6）风险费用隐含于已标价工程量清单综合单价中，用于化解发、承包双方在工程合同中约定内容和范围内的市场价格波动的风险费用。

二、工程量清单计价及应用

（一）工程投标阶段

（1）招标人提供的工程量清单计价中必须明确清单项目的设置情况，除明确说明各个清单项目的名称外，还应阐释各个清单项目的特征和工程内容，以保证清单项目设置的特征描述和工程内容没有遗漏，也没有重叠。

（2）招标人提供的工程量清单中必须列出各个清单项目的工程数量，这也是工程量清单招标与定额招标之间的一个重大区别。工程量清单报价为投标人提供一个平等竞争的条件，相同的工程量，由企业根据自身的实力来填报不同的单价，使得投标人的竞争完全属于价格的竞争，其投标报价应反映出企业自身的技术能力和管理能力。

（3）工程量清单的表格格式是附属于项目设置和工程量计算的，为投标报价提供一个

合适的计价平台，投标人可根据表格之间的逻辑联系和从属关系，在其指导下完成分部组合计价的过程。

（4）工程量清单编制依据：

1）《建设工程工程量清单计价规范》GB 50500—2013。

2）国家或省级、行业建设主管部门颁布的计价依据和办法。

3）建设工程设计文件。

4）与建设工程项目有关的标准、规范、技术资料。

5）招标文件及其补充文件、通知、答疑文件。

6）施工现场情况、工程特点及常规施工方案。

7）其他相关资料。

（5）投标人经复核认为招标人公布的招标控制价未按照工程量清单编制依据的规定编制的，应在招标控制价公布后5d内，向招标投标监督机构或（和）工程造价管理机构投诉。

（6）招标工程以投标截止日前28d，非招标工程以合同签订前28d为基准日，其后国家的法律、法规、规章和政策发生变化影响工程造价的，应按省级或行业建设主管部门或其授权的工程造价管理机构发布的规定调整合同价款。

（二）工程实施阶段

（1）分部分项工程量的费用应依据双方确认的工程量、合同约定的综合单价计算；如发生调整的，以发、承包双方确认调整的综合单价计算。

（2）施工中进行工程计量，当发现招标工程量清单中出现缺项、工程量偏差，或因工程变更引起工程量增减，应按承包人在履行合同义务过程中完成的工程量计算。

（3）施工中出现施工图纸（含设计变更）与工程量清单项目特征描述不符的，且该变化引起工程造价增减变化的，应按照实际施工的项目特征，以规范相关条款的规定重新确定相应工程量清单项目的综合单价，并调整合同价款。

（4）因工程量清单漏项或非承包人原因造成的工程变更，造成增加新的工程量清单项目，其对应的综合单价按下列方法确定：

1）合同中已有适用的综合单价，按合同中已有的综合单价确定。

2）合同中有类似的综合单价，参照类似的综合单价确定。

3）合同中没有适用或类似的综合单价，由承包人提出综合单价，经发包人确认后执行。

（5）分部分项工程量清单缺项、非承包人原因的工程变更，引起措施项目发生变化，造成施工组织设计或施工方案变更，原措施费中已有的措施项目，按原有措施费的组价方法调整；原措施费中没有的措施项目，由承包人根据措施项目变更情况，提出适当的措施费变更，经发包人确认后调整。

（6）非承包人原因引起的工程量增减，该项工程量变化在合同约定幅度以内的，应执行原有的综合单价；该项工程量变化在合同约定幅度以外的，其综合单价及措施费应予以调整。

（7）施工期内市场价格波动超出一定幅度时，应按合同约定调整工程价款；合同没有约定或约定不明确的，应按省级或行业建设主管部门或其授权的工程造价管理机构的规定

调整。

（8）因不可抗力事件导致的费用，发、承包双方应按以下原则分担并调整工程价款：

1）工程本身的损害、因工程损害导致第三方人员伤亡和财产损失以及运至施工现场用于施工的材料和待安装的设备的损害，由发包人承担。

2）发包人、承包人人员伤亡由其所在单位负责，并承担相应费用。

3）承包人施工机具设备的损坏及停工损失，由承包人承担。

4）停工期间，承包人应发包人要求留在施工现场的必要的管理人员及保卫人员的费用，由发包人承担。

5）工程所需清理、修复费用，由发包人承担。

6）工程价款调整报告应由受益方在合同约定时间内向合同的另一方提出，经对方确认后调整合同价款。受益方未在合同约定时间内提出工程价款调整报告的，视为不涉及合同价款的调整。收到工程价款调整报告的一方应在合同约定时间内确认或提出协商意见，否则视为工程价款调整报告已经确认。

（9）其他项目费用调整应按下列规定计算：

1）计日工应按发包人实际签证确认的事项计算。

2）暂估价中的材料单价应按发、承包双方最终确认价在综合单价中调整；专业工程暂估价应按中标价或发包人、承包人与分包人最终确认价计算。

3）总承包服务费应依据合同约定金额计算，如发生调整的，以发、承包双方确认调整的金额计算。

4）索赔费用应依据发、承包双方确认的索赔事项和金额计算。

5）现场签证费用应依据发、承包双方签证资料确认的金额计算。

三、合同价款调整

在合同价款调整因素出现后，发、承包双方根据合同约定，对合同价款进行变动的提出、计算和确认，一般规定：

（1）法律法规变化。

（2）工程变更。

（3）项目特征不符。

（4）工程量清单缺项。

（5）工程量偏差。

（6）计日工。

（7）物价变化。

（8）暂估价。

（9）不可抗力。

（10）提前竣工（赶工补偿）。

（11）误期赔偿。

（12）索赔。

（13）现场签证。

（14）暂列签证。

（15）发、承包双方约定的其他调整事项。

1K420030 市政公用工程合同管理

1K420031 合同履约与管理要求

一、施工项目合同管理

（一）合同文件组成

合同文件（或称合同）：指合同协议书、中标通知书、投标函及投标函附录、专用合同条款、通用合同条款、技术标准和要求、图纸、已标价工程量清单以及其他合同文件。

（1）合同协议书：承包人按中标通知书规定的时间与发包人签订合同协议书。除法律另有规定或合同另有约定外，发包人和承包人的法定代表人或其委托代理人在合同协议书上签字并盖单位章后，合同生效。

（2）中标通知书：指发包人通知承包人中标的函件。中标通知书随附的澄清、说明、补正事项纪要等，是中标通知书的组成部分。

（3）投标函：指构成合同文件组成部分的由承包人填写并签署的投标函。

（4）投标函附录：指附在投标函后构成合同文件的投标函附录。

（5）技术标准和要求：指构成合同文件组成部分的名为技术标准和要求的文件，以及合同双方当事人约定对其所作的修改或补充。

（6）图纸：指包含在合同中的工程图纸，以及由发包人按合同约定提供的任何补充和修改的图纸，包括配套的说明。

（7）已标价工程量清单：指构成合同文件组成部分的由承包人按照规定的格式和要求填写并标明价格的工程量清单。

（8）其他合同文件：指经合同双方当事人确认构成合同文件的其他文件。

（二）发包人的义务

（1）遵守法律：发包人在履行合同过程中应遵守法律，并保证承包人免于承担因发包人违反法律而引起的任何责任。

（2）发出开工通知：发包人应委托监理人按照约定向承包人发出开工通知。

（3）提供施工场地：发包人应按专用合同条款约定向承包人提供施工场地，以及施工场地内地下管线和地下设施等有关资料，并保证资料的真实、准确、完整。

（4）协助承包人办理证件和批件：发包人应协助承包人办理法律规定的有关施工证件和批件。

（5）组织设计交底：发包人应根据合同进度计划，组织设计单位向承包人进行设计交底。

（6）支付合同价款：发包人应按合同约定向承包人及时支付合同价款。

（7）组织竣工验收：发包人应按合同约定及时组织竣工验收。

（8）其他义务：发包人应履行合同约定的其他义务。

（三）承包人的义务

（1）承包人应按合同约定以及监理人的指示，实施、完成全部工程，并修补工程中的任何缺陷。

（2）除合同另有约定外，承包人应提供为按照合同完成工程所需的劳务、材料、施工

设备、工程设备和其他物品，以及按合同约定的临时设施等。

（3）承包人应对所有现场作业、所有施工方法和全部工程的完备性、稳定性和安全性负责。

（4）承包人应按照法律规定和合同约定，负责施工场地及其周边环境与生态的保护工作。

（5）工程接收证书颁发前，承包人应负责照管和维护工程。工程接收证书颁发时尚有部分未竣工工程的，承包人还应负责该未竣工工程的照管和维护工作，直至竣工后移交给发包人为止。

（6）承包人应履行合同约定的其他义务。

（四）合同管理主要内容

（1）遵守《中华人民共和国民法典》（以下简称《民法典》）合同编规定的各项原则，组织施工合同的全面执行；合同管理包括相关的分包合同、买卖合同、租赁合同、借款合同等。

（2）必须以书面的形式订立合同、洽商变更和记录，并应签字确认。

（3）发生不可抗力使合同不能履行或不能完全履行时，应依法及时处理。

（4）依《民典法》合同编的规定进行合同变更、转让、终止和解除工作。

二、施工项目合同履约

合同履约是指合同各方当事人按照合同规定，全面履行各自义务，实现各方权利，使各方目的得以实现的行为。作为施工单位来说，合同一旦签订，重要的问题就是如何加强施工合同的管理，以保证合同的顺利完成，合同的工程管理极为重要。

三、施工项目合同变更与评价

（一）合同变更

（1）施工过程中遇到的合同变更，如工程量增减，质量及特性变更，工程标高、基线、尺寸等变更，施工顺序变化，永久工程附加工作、设备、材料和服务的变更等，当事人协商一致，可以变更合同；项目负责人必须掌握变更情况，遵照有关规定及时办理变更手续。

（2）承包人根据施工合同，向监理工程师提出变更申请；监理工程师进行审查，将审查结果通知承包人。监理工程师向承包人出具变更令。

（3）承包人必须掌握索赔知识。在有正当理由和充分证据条件下按规定进行索赔，按施工合同文件有关规定办理索赔手续，准确、合理地计算索赔工期和费用。

（二）合同评价

当合同约定内容完成后，承包人应进行总结与评价，内容应包括：合同订立情况评价、合同履行情况评价、合同管理工作评价、合同条款评价。

【案例1K420031】

1. 背景

某施工单位（乙方）与建设单位（甲方）签订了施工总承包合同，该工程采用边设计边施工的方式进行，合同的部分条款如下：

××工程施工合同书（节选）

（1）协议书：

1）工程概况：

该工程是位于某市的××路段的城市桥梁工程，上部为连续混凝土箱梁结构，下部为混凝土灌注桩承台结构（其他概况略）。

2）承包范围：

承包范围为该工程施工所包括的所有工程。

3）合同工期：

合同工期为2004年2月21日—2004年9月30日，合同工期总日历天数为223d。

4）合同价款：

本工程采用总价合同形式，合同总价为：人民币陆仟贰佰叁拾肆万圆整（¥6234.00万元）。

5）质量标准：

本工程质量标准要求达到承包商最优的工程质量。

6）质量保修：

施工单位在该项目设计规定的使用年限内承担全部保修责任。

7）工程款支付：

在工程基本竣工时，支付全部合同价款，为确保工程如期竣工，乙方不得因甲方资金暂时不到位而停工和拖延工期。

（2）其他补充协议：

1）乙方在施工前不允许将工程分包，只可以转包。

2）甲方不负责提供施工场地的工程地质和地下主要管网线路资料。

3）乙方应按项目经理批准的施工组织设计组织施工。

4）涉及质量标准的变更由乙方自行解决。

5）合同变更时，按有关程序确定变更工程价款。

2. 问题

（1）该项工程施工合同协议书中有哪些不妥之处？请指正。

（2）该项工程施工合同的补充协议中有哪些不妥之处？请指出并改正。

（3）该工程按工期定额来计算，其工期日历天数为212d，那么你认为该工程的合同工期应为多少天？

（4）确定变更合同价款的程序是什么？

3. 参考答案

（1）协议书的不妥之处：

不妥之处一：本工程采用总价合同形式。

正确做法：应采用单价合同。

不妥之处二：工程质量标准要求达到承包商最优的工程质量。

正确做法：应以《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008中规定的质量标准作为该工程的质量标准。

不妥之处三：在项目设计规定的使用年限内承担全部保修责任。

正确做法：应按《建设工程质量管理条例》(国务院令第279号，2019年4月23日第二次修正版）的有关规定进行。

不妥之处四：在工程基本竣工时，支付全部合同价款。

正确做法：应明确具体的时间。

不妥之处五：乙方不得因甲方资金的暂时不到位而停工和拖延工期。

正确做法：应说明甲方资金不到位在什么期限内乙方不得停工和拖延工期。

（2）补充协议的不妥之处：

不妥之处一：乙方在施工前不允许将工程分包，只可以转包。

正确做法：不允许转包，可以分包。

不妥之处二：甲方不负责提供施工场地的工程地质和地下主要管线资料。

正确做法：甲方应负责提供工程地质和地下主要管线的资料。

不妥之处三：乙方应按项目经理批准的施工组织设计组织施工。

正确做法：应按工程师（或业主代表）签认并经乙方技术负责人批准的施工组织设计组织施工。

（3）该工程的合同工期日历天数为223d。

（4）确定变更合同价款的程序是：

承包人应在收到变更指示后14d内，向监理人提交变更估价申请。监理人应在收到承包人提交的变更估价申请后7d内审查完毕并报送发包人，监理人对变更估价申请有异议的，通知承包人修改后重新提交。发包人应在承包人提交变更估价申请后14d内审批完毕。发包人逾期未完成审批或未提出异议的，视为认可承包人提交的变更估价申请。

1K420032 工程索赔的应用

工程索赔是在工程合同履行中，合同当事人一方由于另一方未履行合同所规定的义务或者出现了应当承担的风险而遭受损失，按照合同约定或法律法规规定，应由对方承担责任，因而向对方提出补偿要求的行为。

一、工程索赔的处理原则

承包人必须掌握有关法律政策和索赔知识，进行索赔须做到：

（1）有正当索赔理由和充分证据。

（2）索赔必须以合同为依据，按施工合同文件有关规定办理。

（3）准确、合理地记录索赔事件并计算索赔工期、费用。

二、承包人索赔的程序

（一）提出索赔意向通知

索赔事件发生28d内，向监理工程师发出索赔意向通知。合同实施过程中，凡不属于承包人责任导致项目拖延和成本增加事件发生后的28d内，必须以正式函件通知监理工程师，声明对此事件要求索赔，同时仍需遵照监理工程师的指令继续施工，逾期提出时，监理工程师有权拒绝承包方的索赔要求。

（二）提交索赔申请报告及有关资料

发出索赔意向通知后，承包人应抓紧准备索赔的证据资料，包括事件的原因、对其权

益影响的资料、索赔的依据，以及其他计算出该事件影响所要求的索赔额和申请工期延期的天数，并在28d内向监理工程师提交索赔申请报告及有关资料。

（三）审核索赔申请

监理工程师在收到承包人送交的索赔报告和有关资料后，在28d内给予答复，或要求承包人进一步补充索赔理由和证据。监理工程师在28d内未给予答复或未对承包人作进一步要求，视为该项索赔已经认可。

（四）持续性索赔事件

当索赔事件持续进行时，承包人应当阶段性地向监理工程师发出索赔意向通知，在索赔事件终了后28d内，向监理工程师提出索赔的有关资料和最终索赔报告。

三、索赔项目概述及起止日期计算方法

施工过程中主要是工期索赔和费用索赔。

（一）延期发出图纸产生的索赔

接到中标通知书后28d内，承包人有权免费得到由发包人或其委托的设计单位提供的全部图纸、技术规范和其他技术资料，并且向承包人进行技术交底。如果在28d内未收到监理工程师送达的图纸及其相关资料，作为承包人应依据合同提出索赔申请，接中标通知书后第29天为索赔起算日，收到图纸及相关资料的日期为索赔结束日。

由于是施工前准备阶段，该类项目一般只进行工期索赔。

（二）恶劣的气候条件导致的索赔

可分为工程损失索赔及工期索赔。发包人一般对在建项目进行投保，故由恶劣天气影响造成的工程损失可向保险机构申请损失费用；在建项目未投保时，应根据合同条款及时进行索赔。该类索赔计算方法：以恶劣气候条件开始影响的第1天为起算日，恶劣气候条件终止日为索赔结束日。

（三）工程变更导致的索赔

工程施工项目已进行施工又进行变更、工程施工项目增加或局部尺寸、数量变化等。计算方法：承包人收到监理工程师书面工程变更令或发包人下达的变更图纸日期为起算日期，变更工程完成日为索赔结束日。

（四）以承包人能力不可预见引起的索赔

由于工程投标时图纸不全，有些项目承包人无法作正确计算，如地质情况、软基处理等。该类项目一般发生的索赔有工程数量增加或需要重新投入新工艺、新设备等。计算方法：以承包人未预见的情况开始出现的第1天为起算日，终止日为索赔结束日。

（五）由外部环境而引起的索赔

属发包人原因，由于外部环境影响（如征地拆迁、施工条件、用地的出入权和使用权等）引起的索赔。

以监理工程师批准的施工计划受到影响的第1天为起算日，经发包人协调或外部环境影响自行消失日为索赔事件结束日。该类项目一般进行工期及工程机械停滞费用索赔。

（六）监理工程师指令导致的索赔

以收到监理工程师书面指令时为起算日，按其指令完成某项工作的日期为索赔事件结束日。

（七）其他原因导致的承包人的索赔

视具体情况确定起算日和结束日期。

四、同期记录

（1）索赔意向书提交后，就应从索赔事件起算日起至索赔事件结束日止，认真做好同期记录。每天均应有记录，并经现场监理工程师的签认；索赔事件造成现场损失时，还应留存好现场照片、录像资料。

（2）同期记录的内容有：事件发生及过程中现场实际状况；导致现场人员、设备闲置的清单；对工期的延误；对工程损害程度；导致费用增加的项目及所用的工作人员、机械、材料数量、有效票据等。

五、最终报告应包括以下内容

（1）索赔申请表：填写索赔项目、依据、证明文件、索赔金额和日期。

（2）批复的索赔意向书。

（3）编制说明：索赔事件的起因、经过和结束的详细描述。

（4）附件：与本项费用或工期索赔有关的各种往来文件，包括承包人发出的与工期和费用索赔有关的证明材料及详细计算资料。

六、索赔的管理

（1）由于索赔引起费用或工期的增加，往往成为上级主管部门复查的对象。为真实、准确反映索赔情况，承包人应建立、健全工程索赔台账或档案。

（2）索赔台账应反映索赔发生的原因、索赔发生的时间、索赔意向提交时间、索赔结束时间、索赔申请工期和费用、监理工程师审核结果、发包人审批结果等内容。

（3）对合同工期内发生的每笔索赔均应及时登记。工程完工时应形成完整的资料，作为工程竣工资料的组成部分。

【案例1K420032】

1. 背景

某公司中标承建城市南外环道路工程。在施工过程中，发生如下事件：

事件一：挖方段遇到了工程地质勘察报告没有揭示的岩石层，破碎、移除拖延了23d时间。

事件二：工程拖延致使路基施工进入雨期，连续降雨使土壤含水量过大，无法进行压实作业，因此耽误了15d工期。

事件三：承包人根据建设单位指令对相接道路进行罩面处理，施工项目部以增加的工作量作为计算设计变更调整工程费用的依据。

2. 问题

（1）事件一造成的工期拖延和增加费用能否提出索赔，为什么？

（2）事件二造成的工期拖延和增加费用能否提出索赔，为什么？

（3）事件三形成的工程变更部分应如何调整费用？

3. 参考答案

（1）事件一中挖方段破碎移除岩石的处理工作引发的工期和费用索赔应该提出索赔，发包人应予以受理。因为地质勘察资料不详是有经验的承包商事先无法预测到的，

非承包人责任，并确实造成了实际损失。

（2）事件二的索赔不应受理。因为连续降雨，造成路基无法施工尽管有实际损失，但是有经验的承包商应能够预测并采取措施加以避免的，即便与事件一有因果关系，但事件一已进行索赔，因此应予驳回。

（3）事件三在市政工程施工中时有发生，造成的工程量超出原合同规定清单的部分，应按合同约定处理。当合同未有约定时，可采取如下处理方式：采用施工图预算计价方式，价格（单价）应取自合同中已有价格，增加工程量经监理工程师计量，计算出调整（即增加）部分工程费用。

1K420033　施工合同风险防范措施

一、合同风险管理目的与内容

（一）合同风险管理的目的

（1）由于市政公用工程的特点和建筑市场的激烈竞争，工程承包风险很大，范围很广，其中合同风险管理已成为工程承包成败的主要因素。

（2）随着市场经济的发展，合同风险管理已成为衡量承包人管理水平的主要标志之一，也是合同管理的一项重要内容。

（二）合同风险管理的主要内容

（1）在合同签订前对风险作全面分析和预测。主要考虑工程实施中可能出现的风险种类；风险发生的可能性，可能发生的时间；风险的影响（即风险如果发生，对施工、工期和成本有哪些影响）。

（2）对风险采取有效的对策和计划，即考虑如果风险发生应采取什么措施予以防止，或降低它的不利影响，为风险作组织、技术、资金等方面的准备。

（3）在合同实施中对可能发生，或已经发生的风险进行有效的控制。采取措施防止或避免风险的发生；有效地转移风险，降低风险的不利影响，减少己方的损失；在风险发生的情况下对工程施工进行有效的控制，保证工程项目的顺利实施。

二、常见风险种类与识别

（一）工程常见的风险种类

（1）工程项目的技术、经济、法律等方面的风险。现代工程规模大，功能要求高，需要新技术、新工艺、新设备；承包人面临风险：技术力量、施工力量、装备水平、工程管理水平不足，在投标报价和工程实施过程中存在一些失误；承包人资金供应不足，周转困难；在国际工程中还常常出现对当地法律、语言不熟悉，对技术文件、工程说明和规范理解不正确或误解的情况。

（2）业主资信风险。应对业主的资信进行评价，以控制风险程度（如业主的业绩、管理运作能力、经济状况）；预防因业主无力支付工程款，致使工程被迫中止（业主的信誉差，有意拖欠或少支付工程款；业主因管理运作能力差经常改变设计方案、实施方案，打乱工程施工秩序，但又不愿意给承包人以补偿等）。

（3）外界环境的风险。在国际工程中，工程所在国政治环境的变化（如发生战争、禁运、罢工、社会动乱等造成工程中断或终止）；经济环境的变化（如通货膨胀、汇率调整、

工资和物价上涨）；合同所依据的法律变化（如新的法律颁布、国家调整税率或增加新税种、新的外汇管理政策等）；现场条件复杂，干扰因素多；施工技术难度大，特殊的自然环境（如场地狭小、地质条件复杂、气候条件恶劣）；水电供应、建材供应不能保证等；自然环境的变化（如百年未遇的洪水、地震、台风等，以及工程水文、地质条件的不确定性）。

（4）合同风险。工程承包合同中一般都有风险条款和一些明显的或隐含的对承包人不利的条款；合同条款风险管理和控制首先必须在充分评估基础上确定防范措施。

（二）合同风险因素的识别

1．合同风险因素的分类

（1）按风险严峻程度分为特殊风险（非常风险）和其他风险。

（2）按工程实施不同阶段分为投标阶段的风险、合同谈判阶段的风险、合同实施阶段的风险。

（3）按风险的范围分为项目风险、国别风险和地区风险。

（4）从风险的来源性质可分为政治风险、经济风险、技术风险、商务风险、公共关系风险和管理风险等。

2．合同风险因素的识别

（1）政治风险。

（2）经济风险。

（3）技术风险。

（4）公共关系风险。

3．合同风险因素的分析

（1）在国际工程承包中，由于政治风险要比国内大，情况更复杂，造成损失也会较大。

（2）在国际工程承包中，可能会遇到的经济风险比较多，受制约面相对较广。

（3）在国内工程总承包中，经济、技术、公共关系等方面风险同时存在，有时会相互制约、发生连带责任关系。

三、合同风险的管理与防范

（1）合同风险管理与防范应从递交投标文件、合同谈判阶段开始，到工程合同实施完成为止。

（2）管理与防范措施：

1）合同风险的规避：

充分利用合同条款；增设保值条款；增设风险合同条款；增设有关支付条款；外汇风险的回避；减少承包人资金、设备的投入；加强索赔管理，进行合理索赔。

2）风险的分散和转移：

向保险公司投保；向分包人转移部分风险。

3）确定和控制风险费：

工程项目部必须加强成本控制，制定成本控制目标和保证措施。编制成本控制计划时，每一类费用及总成本计划都应适当留有余地。

1K420040 市政公用工程施工成本管理

1K420041 施工成本管理的应用

一、施工成本管理目的与主要内容

（一）施工成本管理目的

（1）面对竞争日益激烈的建设市场，施工企业在向社会提供产品和服务的同时，也需要获得最大的经济效益，必须追求自身经济效益的最大化。企业的全部管理工作的实质是运用科学的管理手段，降低工程成本，获取较大利润。

（2）随着招标投标制度和工程量清单规则的引入，企业间的竞争已逐渐由产品质量竞争过渡到价格竞争，降低成本成为多数企业提高竞争力的主要途径之一。成本管理直接关系到企业的经济效益，直接关系到企业的生存、发展。加强成本管理，减支增效，已成为大多数企业的长期经营战略。

（3）施工项目管理的最终目标是建成质量好、工期短、安全的、成本低的工程产品，而成本是项目管理中的重中之重，成本管理是项目管理的核心内容。

（二）施工成本管理主要内容

（1）按其类型分有计划管理、施工组织管理、劳务费用管理、机具及周转材料租赁费用的管理、材料采购及消耗的管理、管理费用的管理、合同的管理、成本核算等。

（2）在工程施工过程中，在满足合同约定条件下，以尽量少的物质消耗和工力消耗来降低成本。

（3）把影响施工成本的各项耗费控制在计划范围内，在控制目标成本情况下，开源节流，向管理要效益，靠管理求生存和发展。

（4）在企业和项目管理体系中建立成本管理责任制和激励机制。

二、施工成本管理组织

施工成本管理必须依赖于高效的组织机构。企业和项目部应根据施工成本管理实际的要求，确定管理职责。建立责权分明、全员参与、全程控制、工作规范的成本管理体系和制度来加强施工项目的成本管理。施工成本管理不仅是专业成本管理人员的工作，各级项目管理人员都应负有成本控制责任。管理的组织机构设置应符合下列要求：

1. 高效精干

施工成本管理组织机构设置的根本目的，是为了实现施工成本管理总目标。施工成本管理组织机构的人员设置，应以能实现施工成本管理目标所要求的工作任务为原则。

2. 分层统一

施工项目的成本管理组织是企业施工成本管理组织的有机组成部分，从管理的角度看，施工企业是施工项目的母体。而施工项目成本管理实际上是施工企业成本管理的载体。施工项目成本管理要从施工作业班组开始，各负其责，上下协调统一，才能发挥管理组织的整体优势。

3. 业务系统化

施工项目成本管理和企业施工成本管理在组织上必须防止职能分工权限和信息沟通等方面的矛盾或重叠，各部门（系统）之间必须形成互相制约、互相联系的有机整体，以便

发挥管理组织的整体优势。

4．适应变化

市政公用工程施工项目具有多变性、流动性、阶段性等特点，这就要求成本管理工作和成本管理组织机构随之进行相应调整，以使组织机构适应施工项目的变化。

国内外有许多施工成本管理方法，企业和施工项目部应依据自身情况和实际需求进行选用，选用时应遵循以下原则：

（1）实用性原则——施工成本管理方法具有时效性、针对性，首先应对成本管理环境进行调查分析，以判断成本管理方法应用的可行性以及可能产生的干扰和效果。

（2）坚定性原则——施工成本管理通常会遇到各种干扰，人们的习惯性、传统心理会对新方法产生抵触，认为老方法用起来顺手。应用某些新方法时可能受许多条件限制，产生干扰或制约等。这时，成本管理人员就应该有坚定性，克服困难，力争取得预期效果。

（3）灵活性原则——影响成本管理的因素多且不确定，必须灵活运用各种有效的成本管理方法（根据变化了的内部、外部情况，灵活运用，防止盲目套用）。

（4）开拓性原则——施工成本管理方法的创新，既要创造新方法，又要对成熟方法的应用方式进行创新。

三、施工成本管理的流程

施工成本管理是项目管理的核心，是对工程项目施工成本活动过程的管理。这个过程是一项涉及质量、安全、进度、资金、合约、成本等各项管理的综合管理工作。工程项目施工成本管理寓于项目各种管理之中。

（一）施工成本管理基本流程

施工成本管理的基本流程：成本预测→成本计划→成本控制→成本核算→成本分析→成本考核。

施工成本管理是通过成本预测、成本计划、成本控制、成本核算、成本分析、成本考核的过程管理进行工程项目施工过程的成本控制。通过项目投标与合同签订、项目标价分离、下达项目部目标管理责任书、编制项目部实施计划、进行过程控制、成本计算和分析等一系列项目管理工作实现工程项目的预期收益。

（二）施工成本管理措施

为做好施工成本管理工作，必须做好以下工作：

1．加强成本管理观念

施工项目部是企业施工经营管理的基础和载体，成功的项目成本管理要依靠施工项目中各个环节上的管理人员，因此要树立强烈的成本意识，不断加强成本管理观念，使项目部人员自觉地参与施工项目全过程的成本管理。

2．加强定额和预算管理

完善的定额资料、做好施工预算和施工图预算是施工项目成本管理的基础。定额资料包括：《全国统一市政工程预算定额》及地方定额等，劳务与材料的市场价格信息，以及企业内部的施工定额。根据国家统一定额、取费标准编制施工图预算；依据企业的施工定额编制单位工程施工预算，通过两算对比，可以确定成本控制的重点和可控程度。

3．完善原始记录和统计工作

原始记录应直接记载施工生产经营情况，是编制成本计划的依据，是统计和成本管理的基础。项目施工中的工、料、机和费用开支都要有及时、完整、准确的原始记录。

4．建立健全责任制度

施工项目各项责任制度，如计量验收、考勤、原始记录、统计、成本核算分析、成本目标等责任制是实现有效的全过程成本管理的保证和基础。

5．建立考核和激励机制

施工企业的成本管理工作必须注重实效，对施工项目部应实行目标成本控制和考核；对于达到考核指标的施工项目部和项目部经理应兑现奖励承诺，以便推进项目成本管理工作。

（三）施工成本管理基本原则

施工项目经理部在对项目施工过程进行成本管理时，必须遵循以下基本原则：

1．领导者推动原则（企业领导和项目经理）

企业领导者是企业成本的责任人，必然是工程项目成本管理的责任人。领导者应该制定工程项目成本管理的方针和目标，组织建立项目施工管理体系并保持。创造使企业全体员工能充分参与的项目施工成本管理，优化企业成本目标的内部环境。

2．以人为本，全员参与原则

项目成本管理工作是一项系统工程，项目施工的进度、质量、安全、施工技术、物资管理、劳务管理、计划统计、财务管理等一系列管理工作都关联项目施工成本，因此，工程项目成本管理是项目施工管理的中心工作，必须让全体人员共同参与。只有如此，才能保证项目施工成本管理工作的顺利进行。

3．目标分解，责任明确的原则

项目施工成本管理的工作业绩最终要转化为定量指标，而这些指标的完成是通过各级各个岗位的工作来实现。为明确各级各岗位的成本目标和责任，必须进行指标分解，把总指标进行层层分解，落实到每个人，通过每个指标的完成来保证总目标的实现，使项目施工成本管理落到实处。

4．管理层次与管理内容（对象）一致性原则

相应的管理层次所对应的管理内容和管理权力必须相称和匹配，否则会发生责、权、利不协调的情况，进而导致管理目标和管理结果的扭曲。

5．工程项目成本控制的动态性、及时性、准确性原则

动态性：施工项目成本的构成是随着工程施工的进展而不断变化的，进行项目施工成本控制的过程就是不断调整项目施工成本支出与计划目标的偏差，使项目施工成本支出基本与目标保持一致。这就需要进行项目施工成本的动态控制。它决定了项目施工成本控制不是一次性的工作，而是项目施工全过程的工作。

及时性：项目施工成本控制需要及时、准确地提供成本核算信息，不断反馈，为上级部门、项目经理进行项目施工成本控制提供科学的决策依据，如果信息严重滞后，就失去指导下阶段工作的意义。

准确性：项目施工成本控制所编制的各种成本计划、消耗量计划，统计的各项消耗、各项费用支出必须准确。如果计划的编制不准确，各项成本控制就失去了基准。如果各项统计不准确，成本核算就反映不了实际状态，可能出现虚赢或虚亏，最终导致决策

失误。

确保项目施工成本控制的动态性、及时性、准确性是项目施工成本控制的灵魂。

6. 成本管理信息化原则

在信息化网络时代，企业应加大利用信息技术的力度。在国内，已有很多企业在项目成本管理中运用管理信息系统软件。该软件将施工管理中的进度计划、合同、材料、机具、人工、分包、费用控制、财务监控等各项管理资源有机集合在一个系统中，充分利用各种信息资源，对项目的施工成本进行全过程的及时核算与控制，使项目施工成本始终处于受控状态，以达到降低成本、提高效率、增加收益的目的。

【案例1K420041】

1. 背景

某公司中标天津开发区供热管网工程后，组建了施工项目部。项目经理组织人员编制施工组织设计和成本管理计划。施工过程中项目部根据现场情况变化、企业下达的目标成本和承包合同价格，对部分分项工程价格和组成内容进行了调整，并在计算成本后，修订了成本管理计划。根据修订的成本管理计划，项目部对人工费、材料费、施工机具使用费的支出严格控制，规定项目所支出的费用均要由项目经理批准。

2. 问题

（1）项目部修订成本管理计划有何不妥之处？

（2）项目部工、料、机的成本支出，需要如何管理？

（3）根据成本管理计划，原始记录应该包括哪些内容？

（4）项目部在对项目施工过程进行成本管理时，有哪些基本原则？

3. 参考答案

（1）项目部在修改成本管理计划时未对施工组织设计进行细化分析和相应变化是不妥的。施工组织设计是实现项目成本控制的核心内容之一，调整部分分项工程价格组成的依据除了合同价格之外，还应对相应施工方案细化分析，并进行必要的变动。

（2）对于工（人）的管理包括本单位职工和劳务人员两个部分，应根据成本管理计划的不同要求来制定不同的责任制及考核指标；对于（材）料的管理应从源头抓起，从采购到材料进场要办理严格手续，确保材料的质量、数量和供货日期；未经项目经理签认的单据无效；对机械的管理特别是租赁机械，要办理协议，明确单价，明确实际使用台班数，合理调度和调配，避免造成浪费，严格按实际发生的使用台班签认，并及时结算。

（3）原始记录应包括：施工人员的考勤表、计量验收单、材料进场和出库签认单、机械使用签认单等。

（4）① 领导者推动原则（企业领导和项目经理）。② 以人为本，全员参与原则。③ 目标分解，责任明确的原则。④ 管理层次与管理内容（对象）一致性原则。⑤ 工程项目成本控制的动态性、及时性、准确性原则。⑥成本管理信息化原则。

1K420042 施工成本目标控制

根据成本计划，确定成本目标，根据成本目标进行成本控制，是项目成本管理的目

的，也是项目施工成本管理是否成功的关键。

成本计划涵盖四个层次：一是公司层面负责标价分离的测算工作，项目部参与；二是公司与项目部签订《工程项目管理目标责任书》；三是项目部根据标价分离的结果和目标责任书编制具体指导项目施工的《项目实施计划书》；四是公司以成本计划为依据进行监控与考核。

标价分离：是指将工程项目中标价或合同价（标）与项目目标责任成本（价）分开。

成本控制是通过预结算管理、合同及索赔管理、劳务分包管理、专业分包管理、材料机械管理、临时设施及现场经费管理、工程结算和资金管理等来实现。项目施工成本控制贯穿于施工项目从报价中标到竣工验收的全过程，它是企业全面成本管理的重要环节。

一、施工成本控制目标与原则

施工成本控制目的：

（1）施工成本控制是企业经营管理的永恒主题，项目施工成本控制是项目部项目经理接受企业法人委托履约的重要指标之一。

（2）施工项目成本控制是运用必要的技术与管理手段对直接成本和间接成本进行严格组织和监督的一个系统过程，其目的在于控制预算的变化（降低项目成本、提高经济效益、增加工程预算收入），为项目部负责人的管理提供与成本有关的用于决策的信息。

（3）项目经理应对项目实施过程中发生的各种费用支出，采取一系列措施来进行严格的监督和控制，及时纠偏，总结经验，保证企业下达的施工成本目标的实现。

二、施工成本控制主要依据

（一）工程承包合同

施工成本控制要以工程承包合同为依据，围绕降低施工成本的目标，从预算收入和实际成本两方面，努力挖掘增收节支潜力，以求获得最大的经济效益。

（二）施工成本计划

企业通过编制工程成本计划来分析中标合同收入与预算成本之间的差异，找到有待加强和控制的成本项目并提出改进措施，以便指导和控制工程项目实际成本的支出。

（三）进度报告

进度报告提供了时限内工程实际完成量以及施工成本实际支付情况等重要信息。施工成本控制工作就是通过实际情况与施工成本计划相比较，找出二者之间的差别，分析偏差产生的原因，从而采取措施加以改进。

（四）工程变更

在工程实施过程中，由于各方面的原因，工程变更是很难避免的。工程变更一般包括设计变更、进度计划变更、施工条件变更、技术规范与标准变更、施工顺序变更、工程数量变更等。一旦出现变更，工程量、工期、成本都将发生变化，从而使得施工成本控制变得复杂和困难。项目施工成本管理人员应通过对变更要求中各类数据的计算、分析，随时掌握变更情况，包括已发生工程量、将要发生工程量、工期是否拖延、支付情况等重要信息，判断变更以及变更可能带来的索赔额度等。

三、施工成本控制的方法

（一）理论上的方法

有制度控制、定额控制、指标控制、价值工程和挣值法等。

其中挣值法主要是支持项目绩效管理，最核心的目的就是比较项目实际与计划的差异，关注的是实际中的各个项目任务在内容、时间、质量、成本等方面与计划的差异情况，然后根据这些差异，可以对项目中剩余的任务进行预测和调整。

然而制度控制、定额控制、指标控制、价值工程均为理论方法，实际操作起来有一定难度。

（二）施工成本控制重点

1. 劳务分包管理和控制

（1）建立劳务分包队伍的注册和考核制度。

（2）做好劳务分包队伍的选择和分包合同签订工作：

1）合理选择施工队伍，以合理低价选择优秀的劳务队伍。

2）劳务费单价的范围应该在合同中明确规定。

（3）做好劳务分包队伍进场和退场管理工作：

外部施工队伍入场前要进行入场及安全教育，施工过程中进行指导、培训与监督。特殊工种培训上岗。退场时，项目部按合同检查分包工程质量，清点劳务分包方退还的证件、工具、材料等，在劳务分包方按计划退场后，办理劳务分包结算及履约手续的退还。

（4）优化对整建制队伍的管理，防止以包代管。

（5）规范劳务分包的结算：

在工程施工过程中，项目部按劳务分包合同规定与劳务分包人办理进度款结算，劳务分包工程完工后，项目部与劳务分包人办理劳务分包工程最终结算。

2. 材料费的控制

（1）供应商管理。供应商应该经过资格预审、供应商考察、供应商评审、供应商考核等管理环节。项目部对项目实施过程中所使用物资的供应商建立数据库，以满足物资管理及工程保修的要求。

（2）对材料价格进行控制。实行买家控制，在保质保量的前提下，货比三家，择优购料。可以对大宗材料采购，实行竞标制，也可与大型供应商签订长期供货合同。

材料管理人员须经常关注材料价格的变动，并积累系统的市场信息。

（3）对材料消耗量的控制。按照成本计划中该项目月度或分部分项施工所需要的材料消耗量，实行限额领料制度。超出限额领料，要分析原因，及时采取纠正措施。加强材料的计量控制，认真计量验收，余料回收，降低料耗水平。此外，可以采取加强现场材料管理，减少材料运输和储存过程中的损耗，控制工序施工质量一次合格，避免返修和增加材料损耗等措施控制材料消耗量。

（4）支架、脚手架、模板等周转材料的控制：

周转材料重复使用的次数越多，投入量越小，对降低成本所起的作用越大。周转材料应该配置合理，避免积压或数量不够影响工期。使用完毕后，及时做到退场退料。

（5）对建设方提供物资的管理：

项目部对建设方物资要做好质量、样品、价格签证确认手续。组织物资进场、验收检验、储存、使用管理及不合格物资管理。项目部对建设方提供物资定期清理，按合同规定对账，办理相应的结算手续。

3. 施工机械使用费的控制

施工项目机械设备包括两类，一类是租赁设备，另一类是自有设备。

（1）租赁设备机械费的管理主要是控制好租赁合同价格。租赁合同一般在结算期内不变动，关键的问题是控制实际用量。对设备电费等问题要在合同单价条款中加以明确。

（2）自有机械设备的管理。对自有或融资租赁的设备，应根据施工组织设计和施工方案中要求配备的数量，结合工程结构特点和工期要求，合理选择机械的型号规格，充分发挥机械的效能。加强平时的机械维护保养，保证机械完好，提高机械利用率，减少机械成本。

（3）做好机械设备进退场管理。对设备的完好状态、安全及环保性能进行验收。

（4）机械费控制要点：

1）优化施工方案，通过合理的施工组织、机械调配，提高机械设备的利用率和完好率。

2）及时掌握市场信息，充分利用社会闲置机械资源，从不同角度降低机械台班价格。

3）加强现场设备的维修、保养工作，降低大修、经常性修理等各项费用的开支。

4）项目部设备工程师按机械设备管理规程对设备日常运转进行监督管理。对在用设备的使用台班进行统计。

四、营业税改增值税后进项税抵扣和成本管理的关系

2016 年 5 月 1 日以后，营业税改增值税工作在建筑业全面实施。增值税管理重点在于采购环节，增值税的进项税额抵扣和成本管理直接相关。

（一）取得发票与采购定价的策略

实行增值税以后，从不同的企业采购取得的增值税专用发票是不一样的，得到的进项税额也不一样，比如，从一般纳税人企业采购材料，取得的增值税专用发票是按照 13% 计算增值税额；而从小规模纳税人企业进行采购，采用简易征收办法，征收率一般为 3%，不同的可抵扣进项税额导致不同的增值税额，从而产生的不同城市维护建设税及教育费附加等税负，最终影响企业的利润。因此，在采购环节，企业必须确定供应商是一般纳税人还是小规模纳税人，能否提供增值税专用发票，能提供何种税率的增值税专用发票，进而提出企业的采购价格条件，得出优选后的采购策略。

（二）进项税抵扣必须取得合格的票据

进项税额，是指纳税人购进货物或者接受加工修理修配劳务和应税服务，支付或者负担的增值税额。纳税人取得的增值税扣税凭证不符合法律、行政法规或者国家税务总局有关规定的，其进项税额不得从销项税额中抵扣，也就是说，必须取得合格的票据，相应的增值税进项税额才有可能得到抵扣。

（三）增值税专用发票必须经过认证才允许抵扣

按照规定，增值税一般纳税人取得的增值税专用发票，应在规定之日内进行认证，并在认证通过的次月申报期内，向主管税务机关申报抵扣进项税额。未及时认证和申报抵扣的发票，将不得抵扣该发票进项税额。这就要求企业必须加强采购票据的管理，确保专用发票能够得到及时的认证。

增值税专用发票由基本联次或者基本联次附加其他联次构成，基本联次为三联：发票联、抵扣联和记账联。发票联，作为购买方核算采购成本和增值税进项税额的记账凭证；抵扣联，作为购买方进行认证和留存备查的凭证；记账联，作为销售方核算销售收入和增

值税销项税额的记账凭证。

（四）增值税后虚开发票的风险增加

《国家税务总局关于纳税人虚开增值税专用发票征补税款问题的公告》（国家税务总局公告2012年第33号）规定，纳税人虚开增值税专用发票，未就其虚开金额申报并缴纳增值税的，应按照其虚开金额补缴增值税；已就其虚开金额申报并缴纳增值税的，不再按照其虚开金额补缴增值税。

纳税人取得虚开的增值税专用发票，不得作为增值税合法有效的扣税凭证抵扣其进项税额。

（五）基础工作的规范性影响进项税额的抵扣

按照有关规定，一般纳税人会计核算不健全，或者不能够提供准确税务资料的，应当申请办理一般纳税人资格认定而未申请的，应当按照销售额和增值税税率计算应纳税额，不得抵扣进项税额，也不得使用增值税专用发票。

纳税人资料不齐全的，其进项税额不得从销项税额中抵扣。纳税人凭中华人民共和国税收通用缴款书抵扣进项税额的，应当向主管税务机关提供书面合同、付款凭证和发票备查，无法提供资料或提供资料不全的，其进项税额不得从销项税额中抵扣。

因此，企业应建立健全并落实内部管理制度，加强基础管理工作，为增值税的纳税管理奠定基础。

【案例1K420042】

1. 背景

某公司竞标承建沿江快速路工程。开工后不久，由于沥青、玄武岩石料等材料的市场价格变动，在成本控制目标管理上，项目部面临预算价格与市场价格严重背离而使采购成本失去控制的局面。为此项目经理要求加强成本考核和索赔等项目成本管理工作。

路基强夯处理工程包括挖方、填方、点夯、满夯。由于工程量无法准确确定，故施工合同规定：按施工图预算方式计价；承包人必须严格按照施工图及施工合同规定的内容及技术要求施工；工程量由计量工程师负责计量。

施工过程中，在进行到设计施工图所规定的处理范围边缘时，承包人在取得旁站监理工程师认可的情况下，将夯击范围适当扩大。施工完成后，承包人将扩大的工程量向计量工程师提出了计量支付的要求，遭到拒绝。在施工中，承包人根据监理工程师的指令就部分工程进行了变更。

在土方开挖时，正值南方梅雨季节，遇到了数天季节性的大雨，土壤含水量过大，无法进行强夯施工，耽误了部分工期。承包人就此提出了延长工期和补偿停工期间窝工损失的索赔。

2. 问题

（1）施工项目部应如何应对采购成本失控局面?

（2）计量工程师拒绝承包人提出的超范围强夯工程量的计量支付是否合理？为什么?

（3）工程变更部分的合同价款应根据什么原则确定?

（4）监理工程师是否应该受理承包人提出的延长工期和费用补偿的索赔？为什么？

3. 参考答案

（1）首先项目部材料管理人员必须密切注视市场材料价格的变动，以便使项目部及早采取必要对策；其次要用预算价格来控制玄武岩石料等地方材料的采购成本；对沥青材料，价格只能随行就市，或采取风险转移方式控制沥青混合料采购价格。当然，对于有条件的企业，企业可以通过集体采购等方式回避价格波动风险，平衡施工项目时间价差，减轻项目部风险压力。

（2）计量工程师的拒绝是合理的。理由是：第一，该部分的工程量超出了设计施工图的要求，即超出了合同规定的范围，不属于计量工程师计量的范围，计量工程师无权处理合同以外的工程内容；第二，监理工程师认可的是承包人保证工程质量的技术措施，一般在未办理正式手续，发包人未批准追加相应费用的情况下，技术措施费用应由承包人自行承担。

（3）变更价款按如下原则确定：

1）合同中已有适用于变更工程单价的，按合同已有单价计算和变更合同价款。

2）合同中只有类似于变更工程单价的，可参照它来确定单价计算和变更合同价款。

3）合同中没有上述单价时，由承包人提出适当的变更价格，计量工程师批准执行。这一批准的变更，应与承包人协商一致，否则将按合同纠纷处理。

（4）雨期施工，有经验的承包人应能够预测到而且应该采取措施避免土壤含水量过大，其责任在承包人；尽管有了实际损失，但索赔不能成立，应予驳回。

1K420043 施工成本核算与分析

一、项目施工成本核算

施工成本核算是按照规定的成本开支范围，对施工实际发生费用所做的总计；是对核算对象计算施工的总成本和单位成本。成本核算是对成本计划是否得到实现的检验，它对成本控制、成本分析和成本考核、降低成本、提高效益有重要的积极意义。

（一）项目施工成本核算的对象

施工成本核算的对象是指在计算工程成本中，确定归集和分配产生费用的具体对象，即产生费用承担的客体。成本计算对象的确定，是设立工程成本明细分类账户、归集和分配产生费用以及正确计算工程成本的前提。

单位工程是合同签约、编制工程预算和工程成本计划、结算工程价款的计算单位。按照分批（订单）法原则，施工成本一般应以每一独立编制施工图预算的单位工程为成本核算对象，但也可以按照承包工程的规模、工期、结构类型、施工组织和施工现场等情况，结合成本管理要求，灵活划分成本核算对象。一般而言，划分成本核算对象有以下几种：

（1）一个单位工程由多个施工单位共同施工时，各个施工单位均以同一单位工程为成本核算对象，各自核算自行完成的部分。

（2）规模大、工期长的单位工程，可以按工程分阶段或分部位作为成本核算对象。

（3）同一“建设项目合同”内的多项单位工程或主体工程和附属工程可列为同一成本

核算对象。

（4）改建、扩建的零星工程，可把开竣工时间相近的一批工程，合为一个成本核算对象。

（5）土石方工程、桩基工程，可按实际情况与管理需要，以一个单位工程或合并若干单位工程为成本核算对象。

（二）项目施工成本核算的内容

进行成本核算时，能够直接计入有关成本核算对象的，直接计入；不能直接计入的，采用一定的分配方法分配计入各成本核算对象成本，然后计算出工程项目的实际成本。

（1）人工费。包括在施工过程中直接从事建筑安装施工工人的工资、奖金、津贴、劳动保险费、劳动保护费等。人工费计入成本的方法，一般应根据企业实行的具体工资制度而定。在实行计件工资制度时，所支付的工资一般能分清受益对象，应根据"工程任务单"和"工资计算汇总表"将归集的工资直接计入成本核算对象的人工费成本项目中。实行计时工资制度时，在只存在一个成本核算对象或者所发生的工资在各个成本核算对象之间进行分配，再分别计入。

（2）材料费。包括在施工生产过程中耗用的构成工程实体的原材料、辅助材料、机械零配件等，以及周转材料等的摊销和租赁费。工程项目耗用的材料，应根据限额领料单、退料单、报损报耗单，大堆材料耗用计算单等计入工程项目成本。凡领料时能点清数量、分清成本核算对象的，应在有关领料凭证（如限额领料单）上注明成本核算对象名称，据以计入成本核算对象。领料时虽能点清数量，但需集中配料或统一下料的，则由材料管理人员或领用部门，结合材料消耗定额将材料费分配计入各成本核算对象。领料时不能点清数量和分清成本核算对象的，由材料管理人员或施工现场保管员保管，月末实地盘点结存数量，结合月初结存数量和本月购进数量，倒推出本月实际消耗量，再结合材料耗用定额，编制"大堆材料耗用计算表"，据以计入各成本核算对象的成本。

（3）施工机械使用费。指在施工生产过程中使用的自有施工机械所发生的折旧费、租用外单位施工机械所发生的租赁费、施工机械安装费、拆卸和进出厂费用。从外单位或本企业内部独立核算的机械厂租入施工机械支付的租赁费，直接计入成本核算对象的机械使用费。自有机械费用应按各个成本核算对象实际使用的机械台班数计算所分摊的机械使用费，分别计入不同的成本核算对象成本中。

此外，还有专业分包费、其他直接费、项目部管理费等费用需要直接或者分配计入成本核算对象。

（三）项目施工成本核算的方法

1. 表格核算法

建立在内部各项成本核算的基础上，由各要素部门与核算单位定期采集信息，按相关规定填制表格，完成数据比较、考核与简单核算，形成项目施工成本核算体系，作为支撑项目施工成本核算的平台。由于表格核算法具有便于操作和表格格式自由特点，可以根据企业管理方式和要求设置各种表格，因而对项目内各岗位成本的责任核算比较实用。

2. 会计核算法

建立在会计核算的基础上，利用会计核算所独有的借贷记账法和收支全面核算的综合

特点，按照项目施工成本内容与收支范围，组织项目施工成本核算。其优点是核算严密、逻辑性强、人为调教的因素较小、核算范围较大；但对核算人员的专业水平要求很高。

总的说来，用表格核算法进行项目施工各个岗位成本的责任核算与控制；用会计核算法进行项目成本核算，两者互补，可以确保项目施工成本核算工作的质量。

二、项目施工成本分析

施工成本分析，就是根据成本核算提供的资料，对成本形成过程和影响成本升降的因素进行分析，以寻求进一步降低成本的途径，包括成本中的有利偏差的挖掘和不利偏差的纠正；另一方面通过成本分析，可以透过账簿、报表反映的成本现象看到成本的实质，从而增强成本的透明度和可控性，为加强成本控制，实现成本目标创造条件。

（一）施工成本分析的任务

（1）正确计算成本计划的执行结果，计算产生的差异。

（2）找出产生差异的原因。

（3）对成本计划的执行情况进行正确评价。

（4）提出进一步降低成本的措施和方案。

（二）施工成本分析的形式

施工成本分析的内容一般包括以下形式：

1. 按施工进展进行的成本分析

包括：分部分项工程分析、月（季）度成本分析、年度成本分析、竣工成本分析。

2. 按成本项目进行的成本分析

包括：人工费分析、材料费分析、机械使用费分析、专业分包费分析、项目管理费分析。

3. 针对特定问题和与成本有关事项的分析

包括：施工索赔分析、成本盈亏异常分析、工期成本分析、资金成本分析、技术组织措施节约效果分析、其他有利因素和不利因素对成本影响的分析。

（三）成本分析的方法

由于工程成本涉及的范围很广，需要分析的内容很多，应该在不同的情况下采取不同的分析方法。

1. 比较法

比较法又称指标对比分析法，是通过技术经济指标的对比，检查目标的完成情况，分析产生差异的原因，进而挖掘内部潜力的方法。这种方法具有通俗易懂、简单易行、便于掌握的特点，因而得到广泛的应用，但在应用时必须注意各项技术经济指标的可比性。比较法的应用形式有：将实际指标与目标指标对比；本期实际指标与上期实际指标对比；与本行业平均水平、先进水平对比。

2. 因素分析法

因素分析法又称连锁置换法或连环替代法。可用这种方法分析各种因素对成本形成的影响程度。在进行分析时，首先要假定众多因素中的一个因素发生了变化，而其他因素则不变，然后逐个替换，并分别比较其计算结果，以确定各个因素变化对成本的影响程度。

3. 差额计算法

差额计算法是因素分析法的一种简化形式，是利用各个因素的目标值与实际值的差额计算对成本的影响程度。

4. 比率法

比率法是用两个以上指标的比例进行分析的方法。常用的比率法有相关比率、构成比率和动态比率三种。

【案例1K420043】

1. 背景

某公司中标承建一条城镇道路工程，原设计是水泥混凝土路面，但因拆迁延期，严重影响了工程进度，为满足按期竣工通车要求，建设方将水泥混凝土路面改为沥青混合料路面。对这一重大变更，施工项目部在成本管理方面拟采取如下应对措施：

（1）依据施工图，根据国家统一定额、取费标准编制施工图预算，然后依据施工图预算打八折，作为沥青混合料路面工程承包价与建设方签订补充合同；以施工图预算七折作为沥青混合料路面工程目标成本。

（2）要求工程技术人员的成本管理责任如下：落实质量成本降低额和合理化建议产生的降低成本额。

（3）要求材料人员控制好以下成本管理环节：① 计量验收；② 降低采购成本；③ 限额领料；④ 及时供货；⑤ 减少资金占用；⑥ 旧料回收利用。

（4）要求测量人员按技术规程和设计文件要求，对路面宽度和厚度实施精确测量控制。

2. 问题

（1）对材料管理人员的成本管理责任要求是否全面？如果不全面请补充。

（2）对工程技术人员成本管理责任要求是否全面？如果不全面请补充。

（3）沥青路面工程承包价和目标成本的确定方法是否正确？原因是什么？

（4）请说明要求测量人员对路面宽度和厚度实施精确测量控制与成本控制的关系。

3. 参考答案

（1）不全面，应补充：① 材料采购和构件加工，要择优选择；② 要减少采购过程中的管理损耗。

（2）不全面，应补充：① 根据现场实际情况，科学合理地布置施工现场平面，为文明施工、绿色施工创造条件，减少浪费；② 严格执行技术安全方案，减少一般事故，消灭重大安全事故和质量事故，将事故成本减少到最低。

（3）不正确，因为：① 计算承包价时要根据必需的资料，依据招标文件、设计图纸、施工组织设计、市场价格、相关定额及计价方法进行仔细的计算；② 计算目标成本（即计划成本）时要根据国家统一定额或企业定额编制施工预算。项目部的做法会增加成本风险。

（4）项目经理要求测量人员对路面宽度和厚度实施精确测量，一方面保证施工质量；另一方面也是控制施工成本的措施。因为沥青混合料每层的配合比不同，价格差较大（越到上面层价格越贵）；只有精确控制路面宽度、高度（实际上是每层厚度），才能减少不应有的消耗和支出，严格按成本目标控制成本。

1K420050 市政公用工程施工组织设计

1K420051 施工组织设计编制的注意事项

市政公用工程施工组织设计，是市政公用工程项目在投标、施工阶段必须提交的技术文件。

一、投标时编写施工组织设计的注意事项

（1）严格按照招标文件中技术标评分顺序来写，也就是说最后的目录要和评分标准的顺序一样或基本一样。

（2）施工内容按清单内容编写。

（3）施工单位名称、工程名称、施工地点、工程质量要求、工期不能有误（文件中不能出现别的单位名称、施工地点，如陕西的项目不能出现河北的规定要求）。

（4）施工人员按资审文件中的人员安排。

（5）工程进度用横道图或网络图，时间要和工期一样，排相对工期（如5、10、15、20……或10、20、30……或30、60、90、120……）。

（6）平面布置要用图显示。

（7）最后整理出目录，目录要按自己编写的更新。

二、中标后组织实施阶段的施工组织设计

（一）施工组织设计的编制应符合下列原则

（1）符合施工合同有关工程进度、质量、安全、环境保护及文明施工等方面的要求。

（2）优化施工方案，达到合理的技术经济指标，并具有先进性和可实施性。

（3）结合工程特点推广应用新技术、新工艺、新材料、新设备。

（4）推广应用绿色施工技术，实现节能、节地、节水、节材和环境保护。

（5）市政公用工程项目的施工组织设计是市政公用工程施工项目管理的重要内容，应经现场踏勘、调研，且在施工前编制。大中型市政公用工程项目还应编制分部、分阶段的施工组织设计。

（6）施工组织设计应由项目负责人主持编制，且必须经企业技术负责人批准，并加盖企业公章后方可实施，有变更时要及时办理变更审批。

（7）施工组织设计中关于工期、进度、人员、材料设备的调度，施工工艺的水平以及采用的各项技术安全措施等项的设计将直接影响工程的顺利实施和工程成本。要想保证工程施工顺利进行，工程质量达到预期目标，降低工程成本，使企业获得应有的利润，施工组织设计就必须做到科学合理、技术先进、费用经济。

（二）市政工程施工组织设计的编制依据应包括下列主要内容

（1）与工程建设有关的法律、法规、规章和规范性文件。

（2）国家现行标准和技术经济指标。

（3）工程施工合同文件。

（4）工程设计文件。

（5）地域条件和工程特点，工程施工范围内及周边的现场条件，气象、工程地质及水文地质等自然条件。

（6）与工程有关的资源供应情况。

（7）企业的生产能力、施工机具状况、经济技术水平等。

（三）主要内容

1. 工程概况与特点

（1）简要介绍拟建工程的名称、工程结构、规模、主要工程数量表，工程地理位置、地形地貌、气象、工程地质、水文地质、周边环境等情况，建设单位及监理机构、设计单位、监督管理部门名称，合同开工日期和工期，合同价（中标价）。

（2）分析工程特点、施工环境、工程建设条件。市政公用工程通常具有以下特点：多专业工程交错、综合施工，旧工程拆迁、新工程同时建设，与城市交通、市民生活相互干扰，工期短或有行政指令，施工用地紧张、用地狭小，施工流动性大等。这些特点决定了市政公用工程的施工组织设计必须对工程进行全面细致的调查、分析，以便在施工组织设计的每一个环节上，作出有针对性的、科学合理的设计安排，从而为实现工程项目的质量、安全、降耗和工期目标奠定基础。

（3）技术规范及检验标准。标书中明确工程所使用的规范（程）和质量检验评定标准，工程设计文件和图纸及作业指导书的编号。

2. 施工总体部署

（1）施工总体部署应包括主要工程目标、总体组织安排、总体施工安排、施工进度计划及总体资源配置等。

（2）主要工程目标应包括进度、质量、安全和环境保护等目标。

（3）总体组织安排应确定项目经理部的组织机构及管理层级，明确各层级的责任分工，宜采用框图的形式辅助说明。

（4）总体施工安排应根据工程特点，确定施工顺序、空间组织，并对施工作业的衔接进行总体安排。

（5）划分施工阶段，确定施工进度计划及施工进度关键节点，施工进度计划宜采用网络图或横道图及进度计划表等形式编制，并应附必要说明。

（6）总体资源配置应确定主要资源配置计划，主要资源配置计划应包括下列内容：

1）确定总用工量、各工种用工量及工程施工过程各阶段的各工种劳动力投入计划。

2）确定主要建筑材料、构配件和设备进场计划，并明确规格、数量、进场时间等。

3）确定主要施工机具进场计划，并明确型号、数量、进出场时间等。

（7）应确定专业工程分包的施工安排。

3. 施工现场平面布置

（1）施工现场平面布置应符合下列原则：

1）占地面积少，平面布置合理。

2）总体策划满足工程分阶段管理需要。

3）充分利用既有道路、构（建）筑物，降低临时设施费用。

4）符合安全、消防、文明施工、环境保护及水土保持等相关要求。

5）符合当地主管部门、建设单位及其他部门的相关规定。

（2）施工现场平面布置安排应包括下列主要内容：

1）生产区、生活区、办公区等各类设施建设方式及动态布置安排。

2）确定临时道路与临时桥梁的位置及结构形式，并对现场交通组织形式进行简要说明。

3）根据工程量和总体施工安排，确定加工厂、材料堆放场、搅拌站、机械停放场等辅助施工生产区域，并说明位置、面积、结构形式及运输路径。

4）确定施工现场临时用水、临时用电布置安排，并进行相应的计算和说明。

5）确定现场消防设施的配置并进行简要说明。

（3）应依据工程项目施工影响范围内的地形、地貌、地物及拟建工程主体等，绘制施工现场总平面布置图。

4. 施工准备

（1）施工准备应根据施工总体部署确定。

（2）施工准备应包括技术准备、现场准备及资金准备等，并应符合下列规定：

1）技术准备应包括技术资料准备及工程测量方案等。

2）现场准备应包括现场生产、生活及办公等临时设施的安排与计划。

3）资金准备应包括资金使用计划及筹资计划等，并结合图表形式辅助说明。

5. 施工技术方案

（1）施工方案是施工组织设计的核心部分，应结合工程特点、国家现行标准工程图纸和现有的资源编制，并进行技术、经济比较确定。主要包括拟建工程的主要分项工程的施工方法、施工机具的选择、施工顺序的确定，还应包括季节性措施、四新技术措施以及结合工程特点和由施工组织设计安排的、根据工程需要采取的相应方法与技术措施等方面的内容。

（2）重点叙述技术难度大、工种多、机具设备配合多、经验不足的工序和关键工序或关键部位应编制专项施工方案；常规的施工工序可简要说明。

6. 施工保证措施

（1）进度保证措施：

进度保证措施应包括管理措施、技术措施等。

管理措施应包括下列内容：

1）资源保证措施。

2）资金保障措施。

3）沟通协调措施等。

技术措施应包括下列内容：

1）分析影响施工进度的关键工作，制定关键节点控制措施。

2）充分考虑影响进度的各种因素，进行动态管理，制定必要的纠偏措施。

（2）质量保证措施：

质量保证措施应包括管理措施、技术措施等。

管理措施应包括下列内容：

1）建立质量管理组织机构、明确职责和权限。

2）建立质量管理制度。

3）制定对资源供方及分包方的质量管理措施等。

技术措施应包括下列内容：

1）施工测量误差控制措施。

2）建筑材料、构配件和设备、施工机具、成品（半成品）进场检验措施。

3）重点部位及关键工序的保证措施。

4）建筑材料、构配件和设备、成品（半成品）保护措施。

5）质量通病预防和控制措施。

6）试验、检测保证措施。

（3）安全管理措施：

1）根据工程特点，项目经理部应建立安全施工管理组织机构，明确职责和权限。

2）应根据工程特点建立安全施工管理制度。

3）应根据危险源辨识和评价的结果，按工程内容和岗位职责对安全目标进行分解，并应制定必要的控制措施。

4）应根据工程特点和施工方法编制安全专项施工方案目录及需专家论证的安全专项施工方案目录。

5）确定安全施工管理资源配置计划。

（4）环境保护及文明施工管理措施：

根据工程特点，建立环境保护及文明施工管理组织机构，明确职责和权限，并建立环境保护及文明施工管理检查制度。

施工现场环境保护措施应包括下列内容：

1）扬尘、烟尘防治措施。

2）噪声防治措施。

3）生活、生产污水排放控制措施。

4）固体废弃物管理措施。

5）水土流失防治措施等。

施工现场文明施工管理措施应包括下列内容：

1）封闭管理措施。

2）办公、生活、生产、辅助设施等临时设施管理措施。

3）施工机具管理措施。

4）建筑材料、构配件和设备管理措施。

5）卫生管理措施。

6）便民措施等。

应确定环境保护及文明施工资源配置计划。

（5）成本控制措施：

应建立成本控制体系，对成本控制目标进行分解。应根据工程规模和特点进行技术经济分析并制定管理和技术措施，控制人工费、材料费、机械费、管理费等成本。

（6）季节性施工保证措施：

依据当地气候、水文地质和工程地质条件、施工进度计划等，制定雨期、低（高）温及其他季节性施工保证措施。针对雨期对分部（分项）工程施工的影响，应制定雨期施工保证措施，并编制施工资源配置计划。针对低（高）温对分部（分项）工程施工的影响，应制定低（高）温施工保证措施，并编制施工资源配置计划。制定其他季节性施工保证措施。

（7）交通组织措施：

针对施工作业区域内及周边交通编制交通组织措施，包括交通现状情况、交通组织安排等。交通现状情况包括施工作业区域内及周边的主要道路、交通流量及其他影响因素。交通组织安排需要依据总体施工安排划分交通组织实施阶段，确定各实施阶段的交通组织形式及人员配置，绘制各实施阶段交通组织平面示意图；确定施工作业影响范围内的主要交通路口及重点区域的交通疏导方式，并绘制交通疏导示意图。交通导行方案设计详见1K420054条。

（8）建（构）筑物及文物保护措施：

应对施工影响范围内的建（构）筑物及地表文物进行调查，调查情况宜采用文字、表格或平面布置图等形式说明。分析工程施工作业对施工影响范围内建（构）筑物的影响，并制定保护、监测和管理措施。应制定建（构）筑物发生意外情况时的应急处理措施。针对施工过程中发现的文物制定现场保护措施。

（9）应急措施：

应急措施应针对施工过程中可能发生事故的紧急情况编制。应急措施应包括下列内容：

1）建立应急救援组织机构，组建应急救援队伍，并明确职责和权限。

2）分析评价事故可能发生的地点和可能造成的后果，制定事故应急处置程序、现场应急处置措施及定期演练计划。

3）应急物资和装备保障。

（四）编制方法与程序

1．掌握设计意图和确认现场条件

编制施工组织设计应在现场踏勘、调研基础上，做好设计交底和图纸会审等技术准备工作后进行。

2．计算工程量和计划施工进度

根据合同和定额资料，采用工程量清单中的工程量，准确计算劳动力和资源需要量；按照工期要求、工作面的情况、工程结构对分层分段的影响以及其他因素，决定劳动力和机具的具体需要量以及各工序的作业时间，合理组织分层分段流水作业，编制进度计划网络图、横道图，安排施工进度。

3．确定施工技术方案（关键工序、关键部位）

按照进度计划，需要研究确定主要分部、分项工程的施工方法（工艺）和施工机具的选择，制定整个单位工程的施工流程；具体安排施工顺序和划分流水作业段，设置围挡和疏导交通。

4．计算各种资源的需要量和确定供应计划

依据采用的劳动定额和工程量及进度计划确定劳动量（以工日为单位）和每日的工人需要量；依据有关定额和工程量及进度计划，来计算确定材料和预制品的主要种类和数量及其供应计划。

5．平衡劳动力、材料物资和施工机具的需要量并修正进度计划

根据对劳动力和材料物资的计算可以绘制出相应的曲线以检查其平衡状况。如果发现有过大的高峰或低谷，即应将进度计划作适当调整与修改，使其尽可能地趋于平衡，以便

使劳动力的利用和物资的供应更为合理。

6. 绘制施工平面布置图

设计施工平面布置图，应使生产要素在空间上的位置合理、互不干扰，能加快施工速度。

7. 确定施工质量保证体系和组织保证措施

建立质量保障体系和控制流程，实行各质量管理制度及岗位责任制；落实质量管理组织机构，明确质量责任；确定重点、难点及技术复杂分部、分项工程质量的控制点和控制措施。

8. 确定施工安全保证体系和组织保证措施

建立安全施工组织，制定施工安全制度及岗位责任制、消防保卫措施、不安全因素监控措施、安全生产教育措施、安全技术措施。

9. 确定施工环境保护体系和组织保证措施

建立环境保护、文明施工的组织及责任制，针对环境要求和作业时限，制定落实技术措施。

10. 其他有关方面措施

视工程具体情况制定与各协作单位的配合服务承诺、成品保护、工程交验后服务等措施。

【案例1K420051】

1. 背景

甲公司中标承建某市地铁工程1号标段施工，并签了施工承包合同。该合同段主要包括1.2km长的双向两条平行区间隧道 C_1 和 C_2；隧道结构均为马蹄形断面，宽5.6m，高6.0m，采用喷锚暗挖法施工；隧道基本处在砂质黏土层，局部段落的拱部会遇到砂砾层，隧道上方有1800mm污水干管一条，管顶埋深约6m。为确保工期，甲公司决定将 C_1、C_2 两条隧道工程分别分包给乙工程公司和丙工程公司，并签了两个分包合同。

施工前，甲公司批准了由项目部组织乙、丙两公司分别编制 C_1、C_2 隧道的施工组织设计、质量保证计划和安全保证计划等，并组织施工。施工过程中 C_1 隧道顶部发生围岩坍塌，隧道上方的污水管折断，污水冲刷加重了塌方，造成严重事故。

2. 问题

（1）甲公司将隧道工程分包给乙、丙公司的做法对吗？为什么？

（2）项目部组织乙、丙公司编制施工组织设计、质量保证计划和安全保证计划存在什么问题？

（3）甲公司应对塌方事故负有什么责任？

3. 参考答案

（1）甲公司将隧道 C_1、C_2 分包出去的做法是错的。因为：

1）投标单位根据招标文件载明的项目实际情况，拟在中标后将中标项目的部分非主体、非关键工作进行分包的，应当在投标文件中载明。中标文件明确是由甲公司承担该标段施工，所以甲公司在事后不能随意向外分包。

2）项目的主体和关键性工作须自己完成，禁止分包给他人。隧道是地铁工程的主体工程、关键工程之一，因此分包给乙、丙两公司是不对的。

（2）甲公司项目部存在放弃施工管理问题。项目部应该对所承包工程编制完整的施工组织设计和整体的进度计划、安全保证计划、质量保证计划等，以便进行全面管理和控制，然而项目部却组织乙、丙两公司分别编制 C_1、C_2 隧道的施工组织设计、质量保证计划和安全保证计划，这在实质上是放弃了对隧道施工的整体管理。

（3）履行分包合同时，承包方应当就承包项目向发包方负责；分包方就分包项目向承包方负责；因分包方过失给发包方造成损失，承包方承担连带责任。

1K420052 施工方案确定的依据

一、制定施工方案原则

（1）制定切实可行的施工方案，首先必须从实际出发，一切要切合当前的实际情况，有实现的可能性。选定的方案在人力、物力、财力、技术上所提出的要求，应该是当前已具备条件或在一定的时期内有可能争取到的。这就要求在制定方案之前，要深入细致地做好调查研究工作，掌握主客观情况，进行反复的分析比较，只有这样才能做到切实可行。

（2）施工期限满足规定要求，保证工程特别是重点工程按期或提前完成，迅速发挥投资的效益，有重大的经济意义。因此，施工方案必须保证在竣工时间上符合规定的要求，并争取提前完成，这就要在确定施工方案时，在施工组织上统筹安排，照顾均衡施工。尽可能运用先进的施工经验和技术，力争提高机械化和装配化的程度。

（3）确保工程“质量第一，安全生产”。在制定方案时，要充分考虑到工程的质量和安全。在提出施工方案的同时，要提出保证工程质量和安全的技术组织措施，使方案完全符合技术规范与安全规程的要求。

（4）施工费用最低。施工方案在满足其他条件的同时，还必须使方案经济合理，以增加生产盈利，这就要求在制定方案时，尽量采用降低施工费用的一切有效措施，从人力、材料、机械（具）和项目管理费等方面找出节省的因素，发掘节省的潜力，使工料消耗和施工费用降到最低程度。

以上几点是一个统一的整体，在制定施工方案时，应作通盘考虑。现代施工技术的进步，组织经验的积累，每个工程的施工，都有不同的方法来完成，存在着多种可能的方案，也有不同的变数。因此在确定施工方案时，要以上述几点作为衡量标准，经技术经济分析比较，全面权衡，选出最优方案。

二、施工方案主要内容

包括施工方法的确定、施工机具的选择、施工顺序的确定，还应包括季节性措施、四新（新技术、新工艺、新材料、新设备）技术措施以及结合市政公用工程特点和由施工组织设计安排的、工程需要所应采取的相应方法与技术措施等方面的内容。重点分项工程、关键工序、季节施工还应制定专项施工方案。

（一）施工方法

施工方法（工艺）是施工方案的核心内容，具有决定性作用。施工方法应明确工艺流

程、工艺要求及质量检验标准并根据相关技术要求进行必要的核算。施工方法（工艺）一经确定，机具设备和材料的选择就只能以满足它的要求为基本依据，施工组织也是在这个基础上进行的。

（二）施工机具

正确拟定施工方法和选择施工机具是合理组织施工的关键，二者关系紧密。施工方法在技术上必须满足保证施工质量，提高劳动生产率，加快施工进度及充分利用机具的要求，做到技术上先进，经济上合理；而正确地选择施工机具能使施工方法更为先进、合理、经济。因此，施工机具选择的好与坏很大程度上决定了施工方法的优劣。

（三）施工组织

施工组织是研究施工项目施工过程中各种资源合理组织的科学。施工项目是通过施工活动完成的，进行这种活动，需要有大量各种各样的建筑材料、施工机具和具有一定生产经验及劳动技能的劳动者，如特殊工种，并且要把这些资源按照施工技术规律与组织规律，以及设计文件的要求，在空间上按照一定的位置，在时间上按照先后顺序，在数量上按照不同的比例，将它们合理地组织起来，让劳动者在统一的指挥下行动，由不同的劳动者运用不同的机具以不同的方式对不同的建筑材料进行加工。

（四）施工顺序

施工顺序安排是编制施工方案的重要内容之一，施工顺序安排得好，可以加快施工进度，减少人工和机具的停歇时间，并能充分利用工作面，避免施工干扰，达到均衡、连续施工的目的，实现科学组织施工，做到不增加资源、加快工期、降低施工成本。

（五）现场平面布置

科学布置现场可以减少材料二次搬运和频繁移动施工机具产生的现场搬运费用，从而节省开支。

（六）技术组织措施

技术组织是保证选择的施工方案得以实施的保证措施，包括加快施工进度，保证工程质量和施工安全，降低施工成本的各种技术措施，如采用新材料、新工艺、先进技术，建立安全质量保证体系及责任制，编写作业指导书，实行标准化作业，采用网络技术（如BIM、OA等）编制施工进度等。

三、施工方案的确定

（一）施工方法选择的依据

正确地选择施工方法是确定施工方案的关键。各个施工过程均可采用多种施工方法进行施工，而每一种施工方法都有其各自的优势和使用的局限性。我们的任务就是从若干可行的施工方法中选择最可行、最经济的施工方法。选择施工方法的依据主要有以下几点：

（1）工程特点，主要指工程项目的规模、构造、工艺要求、技术要求等方面。

（2）工期要求，要明确本工程的总工期和各分部、分项工程的工期是属于紧迫、正常和充裕三种情况的哪一种。

（3）施工组织条件，主要指气候等自然条件，施工单位的技术水平和管理水平，所需设备、材料、资金等供应的可能性。

（4）标书、合同书的要求，主要指招标书或合同条件中对施工方法的要求。

（5）根据设计图纸的要求，确定施工方法。

（二）施工方法的确定与机具选择的关系

施工方法一经确定，机具设备的选择就只能以满足其要求为基本依据，施工组织也只能在此基础上进行。但是，在现代化施工条件下，施工方法的确定，主要还是选择施工机具的问题，这有时甚至成为最主要的问题，例如，钻孔灌注桩的施工是选择冲抓式钻机还是旋转式钻机，钻机一旦确定，施工方法也就确定了。

确定施工方法，有时由于施工机具与材料等的限制，只能采用一种施工方法。可能此方案不一定是最佳的，但别无选择。这时就需要从这种方案出发，制定更好的施工顺序，以达到较好的经济性，弥补方案少而无选择余地的不足。

（三）施工机具的选择和优化

施工机具对施工工艺、施工方法有直接的影响，施工机具化是现代化大生产的显著标志，对加快建设速度、提高工程质量、保证施工安全、节约工程成本起着至关重要的作用，因此选择施工机具成为确定施工方案的一个重要内容，应主要考虑下列问题：

（1）在选用施工机具时，应尽量选用施工单位现有机具，以减少资金的投入，充分发挥现有机具效率。若现有机具不能满足施工过程需要，则可考虑租赁或购买。

（2）机具类型应符合施工现场的条件：施工现场的条件指施工现场的地质、地形、工程量大小和施工进度等，特别是工程量和施工进度计划，是合理选择机具的重要依据。一般来说，为了保证施工进度和提高经济效益，工程量大应采用大型机具，工程量小则应采用中小型机具，但也不是绝对的，如一项大型土方工程，由于施工地区偏僻，道路、桥梁狭窄或载重量限制了大型机具的通过，但如果只是专门为了它的运输问题而修路、桥，显然不经济，因此就应选用中型机具施工。

（3）在同一个工地上施工机具的种类和型号应尽可能少：为了便于现场施工机具的维修、管理及减少转移，对于工程量大的工程应尽量采用专用机具；对于工程量小而分散的工程，则应尽量采用多用途的施工机具。

（4）要考虑所选机具的运行成本是否经济：施工机具的选择应以能否满足施工需要为目的，如本来土方量不大，却用了大型的土方机具，结果不到一周就完工了，进度虽然加快，但大型机具的台班费、进出场的运输费、便道的修筑费以及折旧费等固定费用相当庞大，使运行费用过高超过缩短工期所创造的价值。

（5）施工机具的合理组合：选择施工机具时要考虑各种机具的合理组合，这样才能使选择的施工机具充分发挥效益。合理组合一是指主机与辅机在台数和生产能力上相互适应；二是指作业线上各种机具相互配套组合。

（6）选择施工机具时应从全局出发统筹考虑：全局出发就是不仅考虑本项工程，而且还要考虑所承担的同一现场或附近现场其他工程施工机具的使用，这就是说，从局部考虑选择机具是不合理的，应从全局角度进行考虑。

（四）施工顺序的选择

施工顺序是指各个施工过程或分项工程之间施工的先后次序。施工顺序安排得好，可以加快施工进度，减少人工和机具的停歇时间，并能充分利用工作面，避免施工干扰，达到均衡、连续施工的目的，并能实现科学地组织施工，做到不增加资源，加快工期，降低施工成本。

（五）技术组织措施的设计

技术组织措施是施工企业为完成施工任务，保证工程工期，提高工程质量，满足安全需求，降低工程成本，在技术上和组织上所采取的措施。企业应把编制技术组织措施作为提高技术水平、改善经营管理的重要工作认真抓好。通过编制技术组织措施，结合企业内部实际情况，很好地学习和推广同行业的先进技术和行之有效的组织管理经验。

【案例1K420052】

1. 背景

某公司中标承建给水管道工程，其中钢管 *DN*500mm，长 1077m；钢管 *DN*300mm，长 871m，共设闸井 17 座；管线沿城区二环路辅路敷设，与现况雨水污水、供热管线交叉部位多；与社会交通相互干扰多。合同工期为 90d（日历日），政府指令性工期 83d（日历日）。鉴于工期后门关死，施工项目部拿到图纸并踏勘完现场后就组织开工。

2. 问题

（1）施工项目部组织开工做法是否正确？

（2）该工程施工方案应注意哪些关键环节？

（3）本工程施工需解决哪些主要问题？

3. 参考答案

（1）不正确。没有开工令且施工组织设计未经批准，即便是工期紧迫，也不应组织开工。正式开工要符合有关规定，包括施工组织设计按程序获得批准，开工前做技术交底和安全交底后，方可开工。

（2）本工程施工现场条件复杂、工期紧，且工程施工作业线长，分段多、勾头（实现新建供水管与原有供水管连通的工作叫自来水管线的勾头）与甩头多（"甩头"就是在管线上预留一个接口为下一项目的发展做准备），而且钢管焊接、防腐质量要求高。施工方案的确定必须建立在摸清雨污水、供热等管线标高、位置、走向基础上；悉心安排和处理下列主要环节：① 管线交叉施工方案与措施；② 沟槽开挖方案，要考虑土方平衡、余土外运及搭设便桥方案；③ 管道敷设应采用流水作业方式，管道焊接和防腐尽量争取工厂化预制；④ 管道勾头和功能性试验方案；⑤ 施工组织基本原则：尽可能缩短现场作业时间，以减轻与社会交通矛盾的压力。

（3）本工程需解决的主要问题：

1）施工占地征用和地上建（构）筑物拆迁；

2）地基处理与现场焊口连接；

3）管线勾头和功能性试验。

1K420053 专项施工方案编制与论证的要求

以下所指专项施工方案系危险性较大的分部分项工程安全专项施工方案，是在编制施工组织设计的基础上，针对危险性较大的分部分项工程单独编制的专项施工方案。专项施工方案的编制参照《住房和城乡建设部办公厅关于印发〈危险性较大的分部分项工程专项施工方案编制指南〉的通知》（建办质〔2021〕48 号）执行。

一、超过一定规模的危险性较大的分部分项工程范围

《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(中华人民共和国住房和城乡建设部令第37号，2019年3月13日由中华人民共和国住房和城乡建设部令第47号修正)和《住房城乡建设部办公厅关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》(建办质〔2018〕31号)规定:

(1)危险性较大的分部分项工程(以下简称“危大工程”)，是指房屋建筑和市政基础设施工程在施工过程中，容易导致人员群死群伤或者造成重大经济损失的分部分项工程。

施工单位应当在危险性较大的分部分项工程施工前编制专项施工方案；对于超过一定规模的危险性较大的分部分项工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。

(2)超过一定规模的危险性较大的分部分项工程范围:

1)深基坑工程:

开挖深度超过5m(含5m)的基坑(槽)的土方开挖、支护、降水工程。

2)模板工程及支撑体系:

① 各类工具式模板工程:包括滑模、爬模、飞模、隧道模等工程。

② 混凝土模板支撑工程:搭设高度8m及以上，或搭设跨度18m及以上，或施工总荷载(设计值)15kN/m^{2}及以上，或集中线荷载(设计值)20kN/m及以上。

③ 承重支撑体系:用于钢结构安装等满堂支撑体系，承受单点集中荷载7kN及以上。

3)起重吊装及起重机械安装拆卸工程:

① 采用非常规起重设备、方法，且单件起吊重量在100kN及以上的起重吊装工程。

② 起重量300kN及以上，或搭设总高度200m及以上，或搭设基础标高在200m及以上的起重机械安装和拆卸工程。

4)脚手架工程:

① 搭设高度50m及以上的落地式钢管脚手架工程。

② 提升高度在150m及以上的附着式升降脚手架工程或附着式升降操作平台工程。

③ 分段架体搭设高度20m及以上的悬挑式脚手架工程。

5)拆除工程:

① 码头、桥梁、高架、烟囱、水塔或拆除中容易引起有毒有害气(液)体或粉尘扩散、易燃易爆事故发生的特殊建、构筑物的拆除工程。

② 文物保护建筑、优秀历史建筑或历史文化风貌区影响范围内的拆除工程。

6)暗挖工程:

采用矿山法、盾构法、顶管法施工的隧道、洞室工程。

7)其他:

① 施工高度50m及以上的建筑幕墙安装工程。

② 跨度36m及以上的钢结构安装工程，或跨度60m及以上的网架和索膜结构安装工程。

③ 开挖深度16m及以上的人工挖孔桩工程。

④ 水下作业工程。

⑤ 重量1000kN及以上的大型结构整体顶升、平移、转体等施工工艺。

⑥ 采用新技术、新工艺、新材料、新设备可能影响工程施工安全，尚无国家、行业及地方技术标准的分部分项工程。

二、专项方案编制

（1）施工单位应当在危大工程施工前组织工程技术人员编制专项施工方案。

实行施工总承包的，专项施工方案应当由施工总承包单位组织编制。危大工程实行分包的，专项施工方案可以由相关专业分包单位组织编制。

（2）专项施工方案应当由施工单位技术负责人审核签字、加盖单位公章，并由总监理工程师审查签字、加盖执业印章后方可实施。

危大工程实行分包并由分包单位编制专项施工方案的，专项施工方案应当由总承包单位技术负责人及分包单位技术负责人共同审核签字并加盖单位公章。

（3）专项方案编制应当包括以下内容：

1）工程概况：危大工程概况和特点、施工平面布置、施工要求和技术保证条件。

2）编制依据：相关法律、法规、规范性文件、标准、规范及施工图设计文件、施工组织设计等。

3）施工计划：包括施工进度计划、材料与设备计划。

4）施工工艺技术：技术参数、工艺流程、施工方法、操作要求、检查要求等。

5）施工安全保证措施：组织保障措施、技术措施、监测监控措施等。

6）施工管理及作业人员配备和分工：施工管理人员、专职安全生产管理人员、特种作业人员、其他作业人员等。

7）验收要求：验收标准、验收程序、验收内容、验收人员等。

8）应急处置措施。

9）计算书及相关施工图纸。

三、专项方案的专家论证

对于超过一定规模的危大工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。实行施工总承包的，由施工总承包单位组织召开专家论证会。专家论证前专项施工方案应当通过施工单位审核和总监理工程师审查。

（一）专家论证会的参会人员应当包括

（1）专家。

（2）建设单位项目负责人。

（3）有关勘察、设计单位项目技术负责人及相关人员。

（4）总承包单位和分包单位技术负责人或授权委派的专业技术人员、项目负责人、项目技术负责人、专项施工方案编制人员、项目专职安全生产管理人员及相关人员。

（5）监理单位项目总监理工程师及专业监理工程师。

（二）专家组成员构成

专家应当从地方人民政府住房城乡建设主管部门建立的专家库中选取，符合专业要求且人数不得少于5名。与本工程有利害关系的人员不得以专家身份参加专家论证会。

（三）专家论证的主要内容

（1）专项施工方案内容是否完整、可行。

(2)专项施工方案计算书和验算依据、施工图是否符合有关标准规范。

(3)专项施工方案是否满足现场实际情况，并能够确保施工安全。

(四)论证报告

专项方案经论证后，专家组应当提交论证报告，对论证的内容提出明确的意见，并在论证报告上签字。经专家论证后结论为“通过”的，施工单位可参考专家意见自行修改完善；结论为“修改后通过”的，专家意见要明确具体修改内容，施工单位应当按照专家意见进行修改，并履行有关审核和审查手续后方可实施，修改情况应及时告知专家。

四、专项施工方案实施

(1)施工单位应当在施工现场显著位置公告危大工程名称、施工时间和具体责任人员，并在危险区域设置安全警示标志。

(2)专项施工方案实施前，编制人员或者项目技术负责人应当向施工现场管理人员进行方案交底。施工现场管理人员应当向作业人员进行安全技术交底，并由双方和项目专职安全生产管理人员共同签字确认。

(3)施工单位应当严格按照专项施工方案组织施工，不得擅自修改专项施工方案。因规划调整、设计变更等原因确需调整的，修改后的专项施工方案应当按照《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》(中华人民共和国住房和城乡建设部令第37号，2019年3月13日由中华人民共和国住房和城乡建设部令第47号修正)重新审核和论证。涉及资金或者工期调整的，建设单位应当按照约定予以调整。

(4)施工单位应当对危大工程施工作业人员进行登记，项目负责人应当在施工现场履职。项目专职安全生产管理人员应当对专项施工方案实施情况进行现场监督，对未按照专项施工方案施工的，应当要求立即整改，并及时报告项目负责人，项目负责人应当及时组织限期整改。施工单位应当按照规定对危大工程进行施工监测和安全巡视，发现危及人身安全的紧急情况，应当立即组织作业人员撤离危险区域。

(5)监理单位应当结合危大工程专项施工方案编制监理实施细则，并对危大工程施工实施专项巡视检查。监理单位发现施工单位未按照专项施工方案施工的，应当要求其进行整改；情节严重的，应当要求其暂停施工，并及时报告建设单位。施工单位拒不整改或者不停止施工的，监理单位应当及时报告建设单位和工程所在地住房城乡建设主管部门。

(6)对于按照规定需要进行第三方监测的危大工程，建设单位应当委托具有相应勘察资质的单位进行监测。监测单位应当编制监测方案。监测方案由监测单位技术负责人审核签字并加盖单位公章，报送监理单位后方可实施。监测单位应当按照监测方案开展监测，及时向建设单位报送监测成果，并对监测成果负责；发现异常时，及时向建设、设计、施工、监理单位报告，建设单位应当立即组织相关单位采取处置措施。

(7)对于按照规定需要验收的危大工程，施工单位、监理单位应当组织相关人员进行验收。验收合格的，经施工单位项目技术负责人及总监理工程师签字确认后，方可进入下一道工序。危大工程验收合格后，施工单位应当在施工现场明显位置设置验收标识牌，公示验收时间及责任人员。

(8)危大工程发生险情或者事故时，施工单位应当立即采取应急处置措施，并报告工程所在地住房城乡建设主管部门。建设、勘察、设计、监理等单位应当配合施工单位开展

应急抢险工作。危大工程应急抢险结束后，建设单位应当组织勘察、设计、施工、监理等单位制定工程恢复方案，并对应急抢险工作进行后评估。

（9）施工、监理单位应当建立危大工程安全管理档案。施工单位应当将专项施工方案及审核、专家论证、交底、现场检查、验收及整改等相关资料纳入档案管理。监理单位应当将监理实施细则、专项施工方案审查、专项巡视检查、验收及整改等相关资料纳入档案管理。

【案例1K420053】

1. 背景

A公司中标某市暗挖地铁车站后折返线工程，区间隧道全长800m，沿线地下敷设有上水、雨水、污水、电信、电力、路灯线及燃气等管线，地下障碍物较多，地面分布有民房、道路和电线杆等建筑物。折返线为大断面暗挖法施工隧道，通过围岩为第四纪沉积的卵石④层，卵石、圆砾$④_1$层，细砂、粉砂$④_2$层及粉土$④_4$层；顶板埋深8～12m；除浅层滞水外，无地下水；开挖宽度分别约14.5m和13.1m。

施工前，A公司批准了项目部施工组织设计及危险性较大分部分项工程专项施工方案等文件，并组织了危险性较大分部分项工程专家论证，论证报告结论为修改后通过。专家修改意见：（1）对隧道顶部土层进行超前地面注浆加固措施，防止发生围岩坍塌；（2）对隧道上方运行近20年的刚性接口污水管进行衬管保护措施和加强监测量控措施。专项施工方案按专家意见修改，经A公司主管部门负责人签批后组织实施；实施前，项目技术负责人对施工现场管理人员进行了方案交底，施工现场管理人员对作业人员进行了安全技术交底。施工时，由于地面交通和其他因素影响，现场未能完全实施专家建议的上述措施。施工过程中污水管泄漏，导致路面塌方。调查时发现，施工现场未设置危险性较大分部分项工程公告牌，施工、监理单位均未建立危险性较大分部分项工程安全管理档案。

2. 问题

（1）本工程关于专项方案审批做法对吗？为什么？

（2）请指出项目部实施专项方案存在什么问题。

（3）就本工程情况，暗挖大断面隧道施工应采取的主要技术措施有什么？

3. 参考答案

（1）不对。依据有关规定A公司作为施工单位，应当根据论证意见修改和完善专项施工方案后，将修改情况及时告知专家。修改后的专项施工方案应当由A公司（施工单位）技术负责人审核签字、加盖单位公章，并由总监理工程师审查签字、加盖执业印章后方可实施。

（2）主要存在问题：

1）施工项目部应当严格按照专项方案组织施工，不得擅自修改、调整专项方案。

2）如工程具体情况发生变化，需要做出修改的，应当重新审核和论证。就本工程情况应当重新编制专项施工方案并报审，审核通过后组织专家进行论证。

3）施工单位应当在施工现场显著位置公告危险性较大分部分项工程名称、施工时间和具体责任人员，并在危险区域设置安全警示标志。

4）施工、监理单位应当建立危险性较大分部分项工程安全管理档案。施工单位应当将专项施工方案及审核、专家论证、交底、现场检查、验收及整改等相关资料纳入档案管理。监理单位应当将监理实施细则、专项施工方案审查、专项巡视检查、验收及整改等相关资料纳入档案管理。

（3）据背景材料介绍，本工程隧道断面（跨度）较大，围岩稳定性差，地表沉陷要求严格，大断面隧道施工风险应属于一级。应采取以下主要安全保证措施：

1）超前地表深层注浆加固和洞内超前小导管注浆加固措施。

2）应慎重选择开挖工艺。选择单侧壁导坑法难以控制围岩变形，应采用双侧壁导坑法，采用双侧壁导坑法又称眼镜工法施工。

3）传送介质为水、气等的管线必须采取严密的保护措施，特别是污水管线，刚性接口如产生 1mm 裂缝，就可致使管道泄漏，必须采取衬管或导流保护性措施。

4）施工监测方案应作为施工组织设计重要部分掌控，并宜委托专业单位承担。

5）应有针对隧道顶部浅层滞水，特别是背景中介绍的污水管道周围存在“水囊”情况的应急措施（如插板洞内排水等）。

1K420054 交通导行方案设计的要点

市政公用工程施工通常需要临时占用城镇道路、绿地或其他公用设施，交通导行方案是市政公用工程施工组织设计的重要组成部分，也是施工现场管理的重要任务之一。

一、现况交通调查

（1）现况交通调查是制定科学合理的交通疏导方案的前提，项目部应根据施工设计图纸及施工部署，调查现场及周围的交通车行量及高峰期，预测高峰流量，研究设计占路范围、期限及围挡警示布置。

（2）应对现场居民出行路线进行核查，并结合规划围挡的设计，划定临时用地范围、施工区、办公区等出口的位置，应减少施工车辆与社会车辆交叉，以避免出现交通拥堵。

（3）应对预计设置临时施工便线、便桥位置进行实地详勘，以便尽可能利用现况条件。

二、交通导行方案设计原则

（1）施工期间的交通导行方案设计是施工组织设计的重要组成部分，必须周密考虑各种因素，满足社会交通流量，保证高峰期的需求，选取最佳方案并制定有效的保护措施。

（2）交通导行方案要有利于施工组织和管理，确保车辆行人安全顺利通过施工区域，以使施工对人民群众、社会经济生活的影响降到最低。

（3）交通导行应纳入施工现场管理，交通导行应根据不同的施工阶段设计交通导行方案，一般遵循占一还一，即占用一条车道还一条施工便道的原则。

（4）交通导行图应与现场平面布置图协调一致。

（5）采取不同的组织方式，保证交通流量、高峰期的需要。

三、交通导行方案实施

（一）获得交通管理和道路管理部门的批准后组织实施

（1）占用慢行道和便道要获得交通管理和道路管理部门的批准，按照获准的交通疏导方案修建临时施工便线、便桥。

（2）按照施工组织设计设置围挡，严格控制临时占路范围和时间，确保车辆行人安全顺利通过施工区域。

（3）按照有关规定设置临时交通导行标志，设置路障、隔离设施。

（4）组建现场人员协助交通管理部门疏导交通。

（二）交通导行措施

（1）严格划分警示区、上游过渡区、缓冲区、作业区、下游过渡区、终止区范围。

（2）统一设置各种交通标志、隔离设施、夜间警示信号。

（3）严格控制临时占路时间和范围，特别是分段导行时必须严格执行获准方案。

（4）对作业工人进行安全教育、培训、考核，并应与作业队签订《施工交通安全责任合同》。

（5）依据现场变化，及时引导交通车辆，为行人提供方便。

（三）保证措施

（1）施工现场按照施工方案，在主要道路交通路口设专职交通疏导员，积极配合交通民警与协警搞好施工和社会交通的疏导工作；减少由于施工造成的交通堵塞现象。

（2）沿街居民出入口要设置足够的照明装置，必要处搭设便桥，为保证居民出行和夜间施工创造必要的条件。

【案例1K420054】

1. 背景

某公司中标城市主干道路面大修工程，工程内容主要是旧路面铣刨，对沉陷、翻浆处局部挖补和整体罩面。罩面结构为30mmSMA-13和60mmAC-20。施工项目部依据获准的施工组织设计，封闭半幅路施工，设置围挡；另外半幅路维持社会交通。由于交通高峰期车辆拥挤，施工中围挡被交通警察强令部分拆除，施工受到一定程度干扰。罩面沥青路面施工正值无雨秋季，施工质量检验评定合格，只是弯沉值数据离散性大。开放交通后翌年春季，巡查发现路面局部出现沉陷，甚至有翻浆现象；施工记录表明这些病害正是发生在围挡拆除部位。施工项目部召开了病害原因分析会，并决定进行局部路段返工返修，但对单独承担返修费用提出异议。

2. 问题

（1）试分析新大修路面病害原因主要有哪些。

（2）施工项目部应承担什么责任？

（3）局部病害处理返修层费用应如何解决？

（4）该道路大修工程竣工验收应注意哪些事项？

3. 参考答案

（1）施工记录显示：未受到施工干扰的路面未出现病害，由此可以推断施工受到干扰是路面病害主要成因。但是施工质量检验评定结果表明，弯沉值数据离散性大，说明

路面结构不均匀；既然路面结构不均匀，那么选择路面铣刨、局部挖补和整体罩面的道路大修方案就可能存在选择不当的问题。

（2）围挡被强令拆除，其直接原因是交通拥挤造成的，说明施工组织设计存在问题：其一是交通导行方案没有满足高峰期交通需求，究其原因是交通流量调查不够、预测不充分；其二是现场交通导行应与交通管理部门协调，采取适当拓宽现有的半幅路以满足社会正常交通，否则应采取必要的交通分流。此外，大修挖补在设计上通常仅给出技术要求，而挖补处和挖补范围的确定要靠施工人员正确把握和监理人员的监督，所以从这个角度讲，施工单位应承担主要责任。

（3）既然分析表明施工单位要负主要责任，且道路处在质量保修期内，那么返修费用也应主要由施工单位承担。

（4）该道路大修工程竣工验收时应注意：对局部返修返工路段的施工质量应重新严格验收，且应推迟整体工程竣工验收。

1K420060 市政公用工程施工现场管理

1K420061 施工现场布置与管理的要点

一、施工现场的平面布置

（一）基本要求

（1）在施工用地范围内，将各项生产、生活设施及其他辅助设施进行规划和布置，满足施工及维持社会交通的要求。

（2）市政公用工程的施工平面布置图有明显的动态特性，必须详细考虑好每一步的平面布置及其合理衔接；科学合理地规划、绘制出施工现场平面布置图。

（3）工程施工阶段按照施工总平面图要求，设置道路、组织排水、搭建临时设施、堆放物料和停放机具设备等。

（二）总平面图设计依据

（1）现场勘察、信息收集、分析数据资料；工程所在地区的原始资料，包括建设、勘察、设计单位提供的资料，工程所在地区的自然条件及技术、经济条件。

（2）经批准的工程项目施工组织设计、交通导行（方案）图、施工总进度计划。

（3）现有和拟建工程的具体位置、相互关系及净距离尺寸。

（4）各种工程材料、构件、半成品，施工机具和运输工具等资源需求量计划。

（5）建设单位可提供的房屋和其他设施。

（6）批准的临时占路和用地等文件。

（三）总平面布置原则

（1）满足施工进度、方法、工艺流程及施工组织的需求，平面布置合理、紧凑，尽可能减少施工用地。

（2）合理组织运输，保证场内道路畅通，运输方便，各种材料能按计划分期分批进场，避免二次搬运，充分利用场地。

（3）因地制宜划分施工区域的和临时占用的场地，且应满足施工流程的要求，减少各

工种之间的干扰。

（4）在保证施工顺利进行的条件下，降低工程成本；减少临时设施搭设，尽可能利用施工现场附近的原有建筑物作为施工临时设施。

（5）施工现场临时设施应将生活区、施工区、办公区分开布置，应方便施工和生活，办公用房靠近施工现场，福利设施应在生活区范围之内，并尽量远离施工区。

（6）施工平面布置应符合主管部门相关规定和建设单位安全保卫、消防、环境保护的要求。

（四）平面布置的内容

（1）施工图上所有地上、地下建筑物、构筑物以及其他设施的平面位置。

（2）给水、排水、供电管线等临时位置。

（3）生产、生活临时区域及和仓库、材料构件、机具设备堆放位置。

（4）现场运输通道、便桥及安全消防临时设施。

（5）环保、绿化区域位置。

（6）围墙（挡）与入口（至少要有两处）位置。

二、施工现场封闭管理

（一）封闭管理的原因

未封闭管理的施工现场的作业条件差，不安全因素多，在作业过程中既容易伤害作业人员，也容易伤害现场以外的人员，因此，施工现场必须实施封闭式管理，将施工现场与外界隔离，以保护环境、美化市容。

（二）围挡（墙）

（1）施工现场围挡（墙）应沿工地四周连续设置，不得留有缺口，并根据地质、气候、围挡（墙）材料进行设计与计算，确保围挡（墙）的稳定性、安全性。

（2）围挡的用材应坚固、稳定、整洁、美观，宜选用砌体、金属材板等硬质材料，不宜使用彩布条、竹篱笆或安全网等。

（3）施工现场的围挡一般应不低于1.8m，在市区内应不低于2.5m，且应符合当地主管部门有关规定。

（4）禁止在围挡内侧堆放泥土、砂石等散状材料以及架管、模板等。

（5）雨后、大风后以及春融季节应当检查围挡的稳定性，发现问题及时处理。

（三）大门和出入口

（1）施工现场应当有固定的出入口，出入口处应设置大门，并应在适当位置留有供紧急疏散的出口。

（2）施工现场的大门应牢固美观，大门上应标有企业名称或企业标识。

（3）出入口应当设置专职门卫及安保人员，制定门卫管理制度及交接班记录制度。

（4）施工现场的进口处应有整齐明显的“五牌一图”。

1）五牌——工程概况牌、管理人员名单及监督电话牌、消防安全牌、安全生产（无重大事故）牌、文明施工牌。有些地区还要签署文明施工承诺书，制作文明施工承诺牌，内容包括：泥浆不外流、轮胎不沾泥、管线不损坏、渣土不乱抛、爆破不扰民、夜间少噪声。工程概况牌内容一般应写明工程名称、面积、层数、建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、开竣工日期、项目负责人（经理）以及联系电话。

2）一图——施工现场总平面图。可根据情况再增加其他牌图，如工程效果图、项目部组织机构及主要管理人员名单图等。

（5）标牌是施工现场重要标志的一项内容，所以不但内容应有针对性，同时标牌制作、挂设也应规范整齐、美观，字体工整。

（四）警示标牌布置与悬挂

（1）施工现场应当根据工程特点及施工的不同阶段，有针对性地设置、悬挂安全警示标志。在施工现场的危险部位和有关设备、设施上设置安全警示标志，是为了提醒、警示进入施工现场的管理人员、作业人员和有关人员，要时刻认识到所处环境的危险性，随时保持清醒和警惕，避免事故发生。

（2）根据国家有关规定，施工现场入口处、施工起重机械、临时用电设施、脚手架、出入通道口、楼梯口、电梯井口、孔洞口、桥梁口、隧道口、基坑边沿、爆破物及有害危险气体和液体存放处等属于危险部位，应当设置明显的安全警示标志，必要时设置重大危险源公示牌。

（3）安全警示标志的类型、数量应当根据危险部位的性质不同，设置不同的安全警示标志，如：在爆破物及有害危险气体和液体存放处设置禁止烟火、禁止吸烟等禁止标志；在施工机具旁设置当心触电、当心伤手等警告标志；在施工现场入口处设置必须戴安全帽等指令标志；在通道口处设置安全通道等指示标志；在施工现场的沟、坎、深基坑等处，夜间要设红灯示警。

（4）施工现场安全标志设置后应当进行统计记录，绘制安全标志布置图，并填写施工现场安全标志登记表，有条件的地方可设置视频监控与监控室，确保工地安全。

三、施工现场场地与道路

（一）施工现场的场地要求

（1）现场的场地应当整平，无障碍物，无坑洼和凹凸不平，雨期不积水，暖季应适当绿化。

（2）施工现场应具有良好的排水系统，设置排水沟及沉淀池，现场废水未经允许不得直接排入市政污水管网和河流。

（3）现场存放的化学品等应设有专门的库房，地面应进行防渗漏处理。现场地面应当经常洒水，对粉尘源进行覆盖遮挡。

（二）施工现场的道路要求

（1）施工现场应悬挂限速标志，道路应畅通，应当有循环干道，满足运输、消防要求。

（2）主干道应当平整坚实，且有排水措施，硬化材料可以采用混凝土、预制块或用石屑、焦渣、砂石等压实整平，保证不沉陷、不扬尘，防止泥土带入市政道路。

（3）道路应当中间起拱，两侧设排水设施，主干道宽度不宜小于3.5m，载重汽车转弯半径不宜小于15m，如因条件限制，应当采取措施。

（4）道路的布置要与现场的材料、构件、仓库等堆场、吊车位置相协调、配合。

（5）施工现场主要道路应尽可能利用永久性道路，或先建好永久性道路的路基，在主体工程结束之前再铺路面。

四、临时设施搭设与管理

（一）临时设施的种类

（1）办公设施，包括办公室、会议室、门卫传达室等。

（2）生活设施，包括宿舍、食堂、厕所、淋浴室、小卖部、阅览娱乐室、卫生保健室等。

（3）生产设施，包括材料仓库、防护棚、加工棚［站、厂，如混凝土搅拌站、砂浆搅拌站、木材加工厂、钢筋加工厂、机具（械）维修厂等］、操作棚等。

（4）辅助设施，包括道路、院内绿化、旗杆、停车场、现场排水设施、消防安全设施、围墙、大门等。

（二）临时设施的搭设与管理

1．办公室

施工现场应设置办公室及相配套的无线网络，办公室内布局应合理，文件资料宜归类存放，并应保持室内清洁卫生。

2．职工宿舍

（1）宿舍应当选择在通风、干燥的位置，防止雨水、污水流入；不得在尚未竣工建筑物内设置员工集体宿舍。

（2）宿舍必须设置可开启式窗户，宽 0.9m、高 1.2m，设置外开门；宿舍内应保证有必要的生活空间，室内净高不得小于 2.5m，通道宽度不得小于 0.9m，每间宿舍人均居住面积满足相关规定。

（3）宿舍内的单人铺不得超过 2 层，严禁使用通铺，床铺应高于地面 0.3m，人均床铺面积不得小于 1.9m×0.9m，床铺间距不得小于 0.3m。

（4）宿舍内应有足够的插座，线路统一套管，宿舍用电单独配置漏电保护器、断路器。每间宿舍应配备一个灭火器材。宿舍内应设置生活用品专柜、鞋柜或鞋架，有条件的宿舍宜设置生活用品储藏室；宿舍内严禁存放施工材料、施工机具和其他杂物；宿舍周围应当搞好环境卫生，应设置垃圾分类桶；生活区内应为作业人员提供晾晒衣物的场地，房屋外应道路平整，晚间有充足的照明。

（5）寒冷地区冬季宿舍应有保暖措施、防煤气中毒措施，有条件的鼓励采用清洁能源制冷及采暖，炎热季节应有防暑降温设备和防蚊虫叮咬措施。

（6）为保持宿舍有一个良好、清洁、整齐的环境，保证员工在工作之余能得到充分的休息，应当制定宿舍管理制度，住集体宿舍的员工应服从管理、团结友爱、互相帮助、讲究卫生、文明礼貌、注意安全。各宿舍可设宿舍长、制定宿舍成员值日表，轮流负责卫生或安排专人管理。

3．食堂

（1）食堂应当选择在通风、干燥的位置，防止雨水、污水流入，应当保持环境卫生，远离厕所、垃圾站、有毒有害场所等污染源的地方，装修材料必须符合环保、消防要求。

（2）食堂应设置独立的制作间、储藏间；食堂应配备必要的排风设施和冷藏设施，安装纱门纱窗，室内不得有蚊蝇，门下方应设不低于 0.2m 的防鼠挡板；食堂的燃气罐应单独设置存放间，存放间应通风良好并严禁存放其他物品。

（3）食堂制作间灶台及其周边应贴瓷砖，瓷砖的高度不宜小于1.5m；地面应做硬化和防滑处理，按规定设置污水排放设施，有条件的应设置油烟净化装置及餐饮油水分离回收设备。

（4）食堂制作间的刀、盆、案板等炊具必须生熟分开，食品必须有遮盖，遮盖物品应有正反面标识，炊具宜存放在封闭的橱柜内。

（5）食堂内应有存放各种佐料和副食的密闭器皿，并应有标识，粮食存放台距墙和地面应大于0.2m。

（6）食堂外应设置密闭式泔水桶，并应及时清运，保持清洁；应当制定并在食堂张挂食堂卫生责任制，责任落实到人，加强管理。

4. 厕所

（1）厕所大小应根据施工现场作业人员的数量设置。

（2）施工现场应设置水冲式或移动式厕所，厕所地面应硬化，门窗齐全。蹲坑间宜设置隔板，隔板高度不宜低于0.9m。

（3）厕所应设专人负责，定时进行清扫、冲刷、消毒，防止蚊蝇孳生。

5. 仓库

（1）仓库的面积应通过计算确定，根据各个施工阶段需要的先后进行布置；水泥仓库应当选择地势较高、排水方便、靠近搅拌机的地方。

（2）仓库内各种工具器件物品应分类集中放置，设置标牌，标明规格型号。

（3）易燃易爆仓库的布置应当符合防火、防爆安全距离要求；易燃、易爆和剧毒物品不得与其他物品混放，并建立严格的进出库制度，由专人管理。

6. 照明灯具

白炽灯、碘钨灯、卤素灯不得用于建设工地生产、办公室、生活区等区域的照明。

（三）材料堆放与库存

1. 一般要求

（1）由于城区施工场地受到严格控制，项目部应合理组织材料的进场，减少现场材料的堆放量，减少场地和仓库面积。

（2）对已进场的各种材料、机具设备，严格按照施工总平面布置图位置码放整齐。

（3）停放到位，且便于运输和装卸，应减少二次搬运。

（4）地势较高、坚实、平坦，回填土应分层夯实，要有排水措施，符合安全、防火的要求。

（5）各种材料应当按照品种、规格堆放，并设明显标牌，标明名称、规格和产地等。

（6）施工过程中做到"活完、料净、脚下清"。

2. 主要材料半成品的堆放

（1）大型工具，应当一头见齐。

（2）钢筋应当堆放整齐，用方木垫起，不宜放在潮湿处和暴露在外。

（3）砖应丁码成方垛，不准超高并距沟槽坑边不小于0.5m，防止坍塌。

（4）砂应堆成方，石子应当按不同粒径规格分别堆放成方。

（5）各种模板应当按规格分类堆放整齐，地面应平整坚实，叠放高度一般不宜超过1.6m；大模板存放应放在经专门设计的存架上，应当采用两块大模板面对面存放，当存

放在施工楼层上时，应当满足自稳角度并有可靠的防倾倒措施。

（6）混凝土构件堆放场地应坚实、平整，按规格、型号堆放，垫木位置要正确，多层构件的垫木要上下对齐，垛位不准超高；混凝土墙板宜设插放架，插放架要焊接或绑扎牢固，防止倒塌。

（7）施工现场产生的生活垃圾要实现分类投放、分类收集、分类运输、分类处理。

3. 场地清理

作业区内，要做到工完场地清，拆模时应当随拆随清理运走，不能马上运走的应码放整齐，模板上的钉子要及时拔除或敲弯，防止钉子戳脚。

4. 建筑垃圾处置

（1）施工现场产生的生活垃圾要实现分类投放、分类收集、分类运输、分类处理。

（2）建筑垃圾是指施工单位新建、改建、扩建和拆除各类建筑物、构筑物、管网等所产生的弃土、弃料及其他废弃物。施工单位应当向城市人民政府市容环境卫生主管部门提出处置建筑垃圾申请，获得城市建筑垃圾处置核准后，方可处置。施工单位不得将建筑垃圾交给个人或者未经核准从事建筑垃圾运输的单位运输。

五、施工现场的卫生管理

（一）卫生保健

（1）施工现场应设置保健卫生室，配备保健药箱、常用药及绷带、止血带、颈托、担架等急救器材，小型工程可以用办公用房兼作保健卫生室。

（2）施工现场应当配备兼职或专职急救人员，处理伤员和职工保健，对生活卫生进行监督和定期检查食堂、饮食等卫生情况。

（3）要利用板报等形式向职工介绍防病的知识和方法；针对季节性流行病、传染病等，做好对职工卫生防病的宣传教育工作。

（4）当施工现场作业人员发生法定传染病、食物中毒、急性职业中毒时，必须在2h内向事故发生所在地建设行政主管部门和卫生防疫部门报告，并应积极配合调查处理。

（5）现场施工人员患有法定的传染病或病源携带者时，应及时进行隔离，并由卫生防疫部门进行处置。

（6）办公区和生活区应设专职或兼职保洁员，负责卫生清扫和保洁，应有灭鼠、蚊、蝇、蟑螂等措施，并应定期投放和喷洒药物。

（二）食堂卫生

（1）集体食堂必须有卫生许可证。

（2）炊事人员必须持有所在地区卫生防疫部门办理的身体健康证，岗位培训合格证；上岗应穿戴洁净的工作服、工作帽和口罩，并应保持个人卫生，坚持“四勤”（勤洗手、勤剪指甲、勤洗澡、勤理发）。

（3）炊具、餐具和饮水器具必须及时清洗消毒。

（4）必须加强食品、原料的进货管理，做好进货登记，严禁购买无照、无证商贩经营的食品和原料，施工现场的食堂严禁出售变质食品。

（5）建筑工地食堂每餐次的食品成品应按品种分别留样，盛放于清洗消毒后的专用密闭容器内，在专用冷藏设备中冷藏存放48h以上，每个品种的留样量应能满足检验检测需求且不少于125g。留样容器上标注留样食品名称、留样时间。

【案例1K420061】

1. 背景

某公司中标承建开发区新建主干路含雨水管道工程，新建主干路全长1.85km，与现况外环（原有路）垂直相接，为已初具规模的开发区打通通向市区的交通（如图1K420061-1、图1K420061-2所示）。该路段现况系碎石土路，主要是运输物资汽车通行。新建雨水管采用柔性接口钢筋混凝土管，管径D800mm，位于路中，沿路敷设，管道基础采用碎石料换填（300mm）处理。现况路南是已建居民区，距丁字路口处为某中学，建有围墙；现况路北为待拆移的散落平房和绿地；距丁字路口有一段菜田。

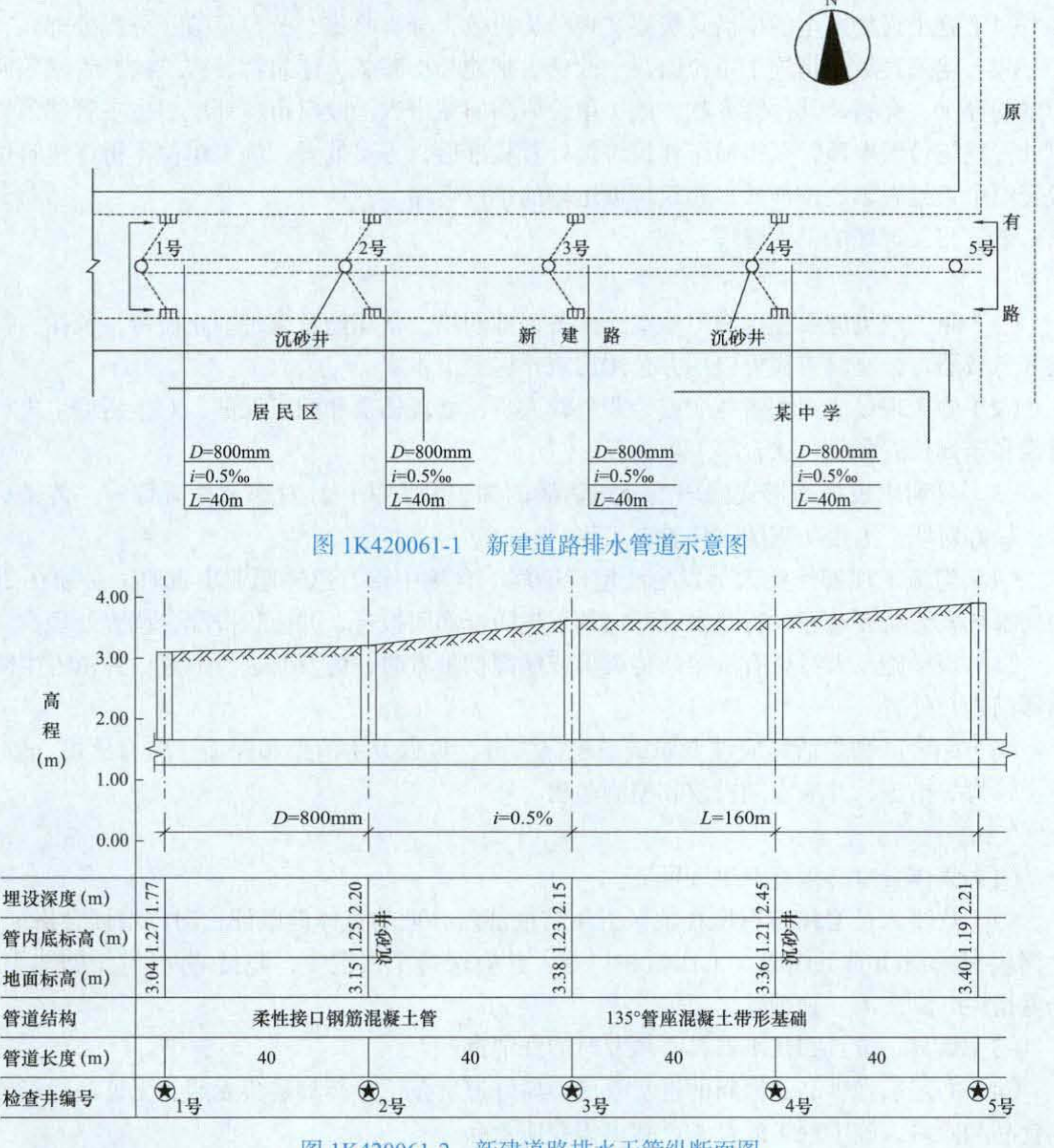


图1K420061-1　新建道路排水管道示意图

图1K420061-2　新建道路排水干管纵断面图

2. 问题

（1）设计施工现场平面布置图。

（2）选择雨水管道施工方法和作业方式。

（3）设计施工现场临时道路和主要施工材料存放方式。

3. 参考答案

（1）施工项目部编制的施工组织设计提供的现场平面布置图如图 1K420061-3 所示。临设区、办公区、搅拌站布置在丁字路口现况土路北绿地；主要考虑现况交通影响和对初具规模开发区的环境影响。施工现场，管道施工时适宜采用全封闭围挡，道路结构层施工可考虑半幅施工围挡。

（2）从管道设计图和现场条件来看，采用开槽埋管，且宜采用机械施工。管道为柔性接口钢筋混凝土管，基础为换填处理方式，宜采用快速施工工艺；①～④号井分别埋深为 1.77m、2.20m（有 0.3m 落底）、2.15m、2.45m（有 0.3m 落底），埋设深度均小于 3.0m，按有关规定，深度在 3.0m 以内沟槽可以采用横挡板支撑。综上分析，管道工程适宜组织流水作业方式，在考虑技术性间隔时间基础上确定流水步距。

（3）确定快速施工工艺和流水作业方式后，要考虑沟槽开挖以后，有大量土方，除一部分堆置在沟槽边 1.2m 以外，作回填土用，其余大部分土方都要外运，外运土方考虑施工车辆通行。施工现场考虑将管道北侧现况土路作为现场道路，供挖土机、吊车及运输车辆使用。管道南侧，沿线在现况土路上每隔 20m 堆放 *D*800mm 钢筋混凝土管 10 根（每根有效长度 2m），砂、石料 4～5m³ 一堆。如图 1K420061-3 所示。

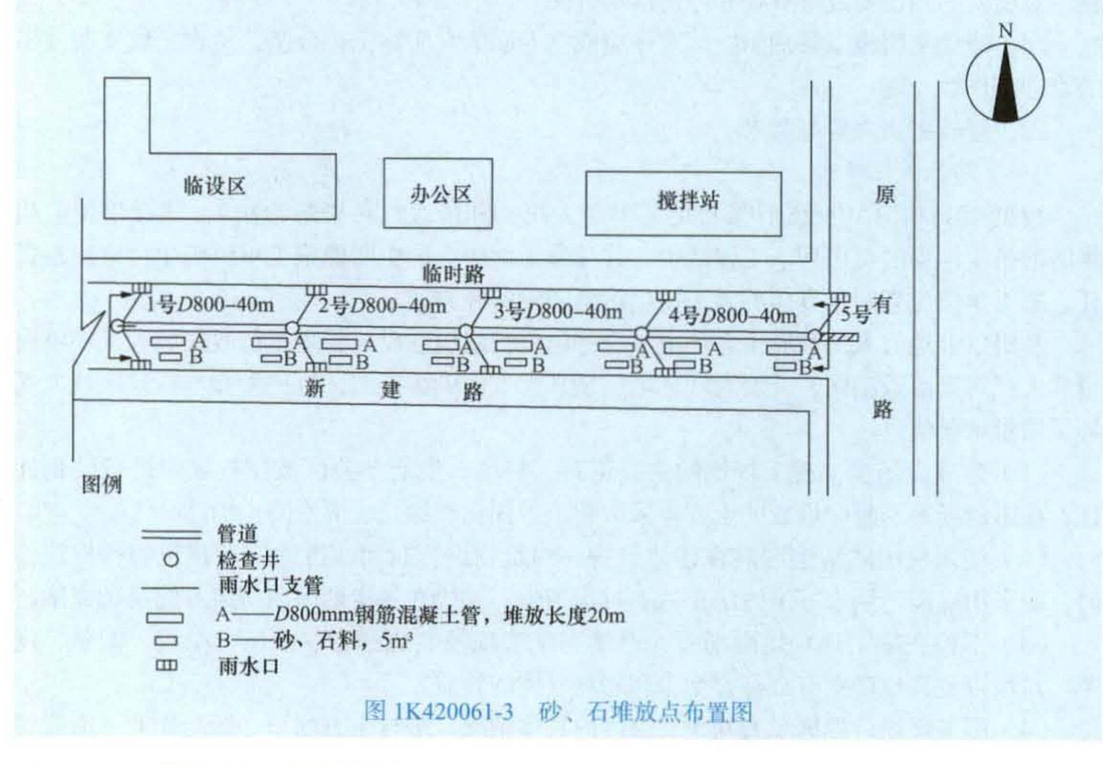


图 1K420061-3 砂、石堆放点布置图

1K420062 环境保护管理的要点

工程环境保护管理是施工组织设计的重要组成部分，生态环境行政主管部门应当对建设项目环境保护设施设计、施工、验收、投入生产或者使用情况，以及有关环境影响评价

文件确定的其他环境保护措施的落实情况，进行监督检查。

生态环境行政主管部门应当将建设项目有关环境违法信息记入社会诚信档案，及时向社会公开违法者名单。

一、管理目标与基本要求

（一）管理目标

（1）满足国家和当地政府主管部门有关规定。

（2）满足工程合同和施工组织设计要求。

（3）兑现投标文件承诺。

（二）基本要求

（1）市政公用工程常常处于城镇区域，具有与市民近距离相处的特殊性，因而必须在施工组织设计中贯彻绿色施工管理，详细安排好文明施工、安全生产施工和环境保护方面措施，把对社会、环境的干扰和不良影响降至最低程度。

（2）文明施工做到组织落实、责任落实、形成网络，项目部每月应进行一次文明施工检查，将文明施工管理列入生产活动议事日程当中，做到常抓不懈。

（3）定期走访沿线机关单位、学校、街道和当地政府等部门，及时征求他们的意见，并在施工现场设立群众信访接待站和投诉电话或手机号码，有条件的可留有邮箱号、QQ号和微信号，也可将专用的二维码公示于众，由专人负责处理沿线居民反映的情况和意见，对反映的问题要及时解答并尽快落实解决。

（4）建立文明施工管理制度，现场应成立专职的文明施工小分队，负责全线文明施工的管理工作。

二、管理主要内容与要求

（一）防治大气污染

根据2018年10月26日修订的《中华人民共和国大气污染防治法》，建设单位应当将防治扬尘污染的费用列入工程造价，并在施工承包合同中明确施工单位扬尘污染防治责任。施工单位应当制定具体的施工扬尘污染防治实施方案。

县级以上地方人民政府生态环境主管部门负责组织建设与管理本行政区域大气环境质量和大气污染源监测网，开展大气环境质量和大气污染源监测，统一发布本行政区域大气环境质量状况信息。

（1）为减少扬尘，施工场地的主要道路、料场、生活办公区域应按规定进行硬化处理；裸露的场地和集中堆放的土方应采取覆盖、固化、绿化、洒水降尘措施。

（2）使用密闭式防尘网对在建建筑物、构筑物进行封闭。拆除旧有建筑物、构筑物时，应采用隔离、洒水等措施防止施工过程扬尘，并应在规定期限内将废弃物清理完毕。

（3）不得在施工现场熔融沥青，严禁在施工现场焚烧沥青、油毡、橡胶、塑料、皮革、垃圾以及其他产生有毒有害烟尘和恶臭气体的物质。

（4）施工现场应根据风力和大气湿度的具体情况，进行土方回填、转运作业；沿线安排洒水车，洒水降尘。

（5）施工现场混凝土搅拌场所应采取封闭、降尘措施；水泥和其他易飞扬的细颗粒建筑材料应密闭存放，砂石等散料应采取覆盖措施。

（6）施工现场应设置密闭式垃圾站，施工垃圾、生活垃圾应分类存放，并及时清运出

场；施工垃圾的清运，应采用专用封闭式容器吊运或传送，严禁凌空抛撒。

（7）从事土方、渣土、砂石、灰浆和施工垃圾等散装、流体物料运输的车辆应采取密闭或覆盖措施，并按规定路线行驶；现场出入口处应采取保证车辆清洁的措施；设专人清扫社会交通路线。

（8）城区、旅游景点、疗养区、重点文物保护地及人口密集区的施工现场应使用清洁能源；施工现场的机具设备、车辆的尾气排放应符合国家环保排放标准要求。

（二）防治水污染

2017 年 6 月 27 日修订的《中华人民共和国水污染防治法》于 2018 年 1 月 1 日起正式施行，规定了水污染防治应当坚持预防为主、防治结合、综合治理的原则，县级以上人民政府生态环境主管部门对水污染防治实施统一监督管理。

（1）施工场地应设置排水沟及沉淀池，污水、泥浆必须防止泄漏外流污染环境；按照规定排入市政污水管道或河流，泥浆应采用专用罐车外弃。

（2）现场存放的油料、化学溶剂等应设有专门的库房，地面应进行防渗漏处理。

（3）食堂应设置隔油池，并应及时清理。

（4）厕所的化粪池应进行抗渗处理。

（5）食堂、盥洗室、淋浴间的下水管线应设置隔离网，并应与市政污水管线连接，保证排水通畅。

（6）给水管道严禁取用污染水源施工，如施工管段距离污染水水域较近时，须严格控制污染水进入管道。如不慎污染管道，应按有关规定处理。

（三）防治施工噪声污染

（1）施工现场应按照 2022 年 6 月 5 日起施行的《中华人民共和国噪声污染防治法》（2021 年 12 月 24 日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十二次会议通过）、《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523—2011 制定降噪措施，各单位应依据程序、文件规定对施工现场的噪声值进行监测和记录。

（2）施工单位应当按照规定制定噪声污染防治实施方案，采取有效措施，减少振动、降低噪声。

（3）在噪声敏感建筑物集中区域，禁止夜间进行产生噪声的建筑施工作业，但抢修、抢险施工作业，因生产工艺要求或者其他特殊需要必须连续施工作业的除外。

因特殊需要必须连续施工作业的，应当取得地方人民政府住房城乡建设、生态环境主管部门或者地方人民政府指定的部门的证明，并在施工现场显著位置公示或者以其他方式公告附近居民。

（4）夜间运输材料的车辆进入施工现场，严禁鸣笛，装卸材料应做到轻拿轻放。

（5）在噪声敏感建筑物集中区域施工作业，应当优先使用低噪声施工工艺和设备。对使用时产生噪声和振动的施工机具，应当采取消声、吸声、隔声等措施有效控制和降低噪声；禁止在夜间进行打桩作业；在规定的时间内不得使用空压机等噪声大的机具设备，如必须使用，需采用隔声棚降噪。

（四）防治施工固体废弃物污染

2020 年 4 月 29 日第二次修订的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》于 2020 年 9 月 1 日起正式施行，其第 20 条规定，产生、收集、贮存、运输、利用、处置固体废

物的单位和其他生产经营者，应当采取防扬散、防流失、防渗漏或者其他防止污染环境的措施，不得擅自倾倒、堆放、丢弃、遗撒固体废物。

禁止任何单位或者个人向江河、湖泊、运河、渠道、水库及其最高水位线以下的滩地和岸坡以及法律法规规定的其他地点倾倒、堆放、贮存固体废物。

（1）运输砂石、土方、渣土和建筑垃圾的施工车辆，在出场前一律用苫布覆盖，要采取密封措施，避免泄露、遗撒，并按指定地点倾卸，防止固体废物污染环境。

（2）运送车辆不得装载过满；车辆出场前设专人检查，在场地出口处设置洗车池，待土方车出口时将车轮冲洗干净；应要求司机在转弯、上坡时减速慢行，避免遗撒；安排专人对土方车辆行驶路线进行检查，发现遗撒及时清扫。

（五）防治施工照明污染

（1）夜间施工严格按照建设行政主管部门和有关部门的规定，未经批准，禁止夜间施工。

（2）对施工照明器具的种类、灯光亮度应严格控制，现场照明灯具应配备定向照明灯罩，使用前调整好照射角，不得射入居民家，夜间施工照明灯罩使用率达100%。

1K420063　劳务管理的有关要点

依据《住房和城乡建设部 人力资源社会保障部关于印发〈建筑工人实名制管理办法（试行）〉的通知》（建市〔2019〕18号）及《住房和城乡建设部 人力资源社会保障部关于修改〈建筑工人实名制管理办法（试行）〉的通知》（建市〔2022〕59号）要求：在施工现场实行劳务实名制管理。

一、分包人员实名制管理目的、意义

（一）目的

企业劳务实名制管理是劳务管理的一项基础工作。实行劳务实名制管理，使总包企业对劳务分包人数清、情况明、人员对号、调配有序，从而促进劳务企业合法用工、切实维护劳务工权益、调动劳务工积极性、实施劳务精细化管理，增强企业核心竞争力。

（二）意义

（1）实行劳务实名制管理，督促劳务企业、劳务人员依法签订劳动合同，明确双方权利义务，规范双方履约行为，使劳务用工管理逐步纳入规范有序的轨道，从根本上规避用工风险、减少劳动纠纷、促进企业稳定。

（2）实行劳务实名制管理，掌握劳务人员的技能水平、工作经历，有利于有计划、有针对性地加强劳务工的培训，切实提高劳务人员的知识和技能水平，确保工程质量和安全生产。

（3）实行劳务实名制管理，逐人做好出勤、完成任务的记录，按时支付工资，张榜公示工资支付情况，使总包企业可以有效监督劳务企业的工资发放。

（4）实行劳务实名制管理，使总包企业了解劳务企业用工人数、工资总额、考勤情况，便于总包企业监督劳务企业按时、足额缴纳社会保险费。

二、实名制管理范围、内容

（一）范围

进入施工现场的建设单位、承包单位、监理单位的项目管理人员及建筑工人均纳入建

筑工人实名制管理范畴。

（二）内容

（1）市政公用工程施工现场管理人员和关键岗位人员实名制管理的内容有：个人身份证、个人执业注册证或上岗证件、个人工作业绩、个人劳动合同或聘用合同等内容。

（2）总承包企业、招标投标代理公司、监理企业、监管部门要对市政公用工程施工现场管理人员和关键岗位人员实名制管理。

其中，由招标投标代理公司负责市政公用工程项目招标投标代理的，应将监理企业和拟参与投标的施工企业的项目部领导机构报市政公用工程市场管理部门备案，未通过备案的项目部领导机构，不得进入招标投标市场。

三、管理措施及管理方法

（一）管理措施

（1）劳务企业要与劳务人员依法签订书面劳动合同，明确双方权利义务、工资支付标准、支付形式、支付时间和项目。应将劳务人员花名册、身份证、劳动合同文本、岗位技能证书复印件报总包方项目部备案，并确保人、册、证、合同、证书相符统一。劳务队的劳务工必须符合国家规定的用工条件，对关键岗位和特种作业人员，必须持有相应的职业（技术）资格证书或国家认可的操作证书。人员有变动的要及时变动花名册、并向总包方办理变更备案。无身份证、无劳动合同、无岗位证书的“三无”人员不得进入现场施工。

（2）加强劳务企业注册、准入、选用、监督、考核、评价以及分类、建档、编号等工作，现场一线作业人员年龄不得超过50周岁，辅助作业人员不得超过55周岁，要逐人建立劳务人员入场、继续教育培训档案，档案中应记录培训内容、时间、课时、考核结果、取证情况，并注意动态维护、确保资料完整、齐全。项目部要定期检查劳务人员培训档案，了解培训开展情况，抽查检验培训效果。

（3）劳务企业要根据劳务人员花名册编制考勤表，每日点名考勤；逐人记录工作量完成情况，并定期制定考核表。考核表须报总承包人项目部备案。进入施工现场的劳务人员要佩戴工作卡，工作卡应注明姓名、身份证号、工种、所属劳务企业。没有佩戴工作卡的人员不得进入施工现场。

（4）总承包企业应按照《关于印发〈工程建设领域农民工工资保证金规定〉的通知》（人社部发〔2021〕65号）要求，在银行存储农民工工资保证金。劳务企业要根据劳务人员考勤表按月编制工资发放表，记录工资支付时间、支付金额，经本人签字确认后，张贴公示。劳务人员工资发放表须报总承包人项目部备案。合同履行期间，要求劳务企业每月25日向项目办公室提供上月劳务工工资费用发放清单（签名栏应签字或加按手印），清单内容必须真实有效，按时上交，并且不得漏报瞒报。外部劳务队应有劳务工工资垫付能力，不能因为验工计价滞后而影响劳务工工资发放，在项目部拨付验工计价工程款时，先由财务部将劳务工工资清算发放完毕后，再行支付劳务队剩余工程款。

（5）劳务企业要按照施工所在地政府要求，根据劳务人员花名册为劳务人员缴纳社会保险，并将缴费收据复印件、缴费名单报总承包人项目部备案。

（6）提高劳务队伍文化，搞好文明施工：

1）努力营造施工现场的文化氛围。抓规划，从平面布局上保证有条不紊的现场观瞻；

抓净化，增强环保意识，搞好文明施工；抓绿化，生活区空地多种草木。

2）让劳务工有一个“安居”之所，宿舍、食堂、浴室、厕所等生活设施要建设齐全，并要提高标准，保持卫生，多检查、多维护，保证施工过程发挥最大功能，改善生活条件和环境，用“安居”换安心，增强凝聚力。

3）大力开展丰富多彩的群众性文娱活动和岗位技能培训，不断提高劳务工的文化素质、技术素质和职业道德素质。娱乐场地、娱乐设施和娱乐用品都应配备齐全，保证劳务工节假日有健康的娱乐活动，文化生活丰富多彩，在紧张艰苦的施工环境中营造浓郁的文化气息。

（二）管理方法

1. IC卡

目前，劳务实名制管理手段主要有手工台账、电子EXCEL表格和IC卡。使用IC卡进行实名制管理是将科技手段引入项目管理中的体现，能够体现总包方的项目管理水平，因此，项目可逐步推行使用IC卡进行劳务实名制管理。IC卡可实现如下管理功能：

（1）人员信息管理：劳务企业将劳务人员基本身份信息，培训、继续教育信息等录入IC卡，便于保存和查询。

（2）工资管理：劳务企业按月将劳务人员的工资在规定的时间内通过银行存入个人管理卡，劳务人员使用管理卡可在ATM机支取现金，查询余额，异地支取。

（3）考勤管理：在施工现场进出口通道装打卡机，劳务人员进出施工现场进行打卡，打卡机记录出勤状况，项目劳务管理员通过采集卡对打卡机的考勤记录进行采集并打印，作为考勤的原始资料存档备查，另作为公示资料进行公示，让劳务人员明确自己的出勤情况。

（4）门禁管理：作为劳务人员准许出入项目施工区、生活区的管理系统。

2. 监督检查

（1）项目部应每月进行一次劳务实名制管理检查，检查内容主要如下：劳务管理员身份证、上岗证；劳务人员花名册、身份证、岗位技能证书、劳动合同证书；考勤表、工资表、工资发放公示单；劳务人员岗前培训、继续教育培训记录；社会保险缴费凭证。不合格的劳务企业应限期进行整改，逾期不改的要予以处罚。

（2）各法人单位应每季度进行项目部实名制管理检查，并对检查情况进行打分，年底进行综合评定。总承包人应组织对劳务工及劳务管理工作领导小组办公室的不定期抽查。

1K420070 市政公用工程施工进度管理

1K420071 施工进度计划编制方法的应用

施工进度计划是项目施工组织设计重要组成部分，对工程履约起着主导作用。编制施工总进度计划的基本要求是：保证工程施工在合同规定的期限内完成；迅速发挥投资效益；保证施工的连续性和均衡性；节约费用、实现成本目标。

一、施工进度计划编制原则

（一）符合有关规定

（1）符合国家政策、法律法规和工程项目管理的有关规定。

（2）符合合同条款有关进度的要求。

（3）兑现投标书的承诺。

（二）先进可行

（1）满足企业对工程项目要求的施工进度目标。

（2）结合项目部的施工能力，切合实际地安排施工进度。

（3）应用网络计划技术编制施工进度计划，力求科学化，尽量在不增加资源条件下，缩短工期。

（4）能有效调动施工人员的积极性和主动性，保证施工过程中施工的均衡性和连续性。

（5）有利于节约施工成本，保证施工质量和施工安全。

二、施工进度计划编制

（一）编制依据

（1）以合同工期为依据安排开、竣工时间。

（2）设计图纸、材料定额、机械台班定额、工期定额、劳动定额等。

（3）机具（械）设备和主要材料的供应及到货情况。

（4）项目部可能投入的施工力量及资源情况。

（5）工程项目所在地的水文、地质及其他方面自然情况。

（6）工程项目所在地资源可利用情况。

（7）影响施工的经济条件和技术条件。

（8）工程项目的外部条件等。

（二）编制流程

（1）首先要落实施工组织；其次为实现进度目标，应注意分析影响工程进度的风险，并在分析的基础上采取风险管理的措施；最后采取必要的技术措施，对各种施工方案进行论证，选择既经济又能节省工期的施工方案。

（2）施工进度计划应准确、全面地表示施工项目中各个单位工程或各分项、分部工程的施工顺序、施工时间及相互衔接关系。施工进度计划的编制应根据各施工阶段的工作内容、工作程序、持续时间和衔接关系，以及进度总目标，按资源优化配置的原则进行。在计划实施过程中应严格检查各工程环节的实际进度，及时纠正偏差或调整计划，跟踪实施，如此循环、推进，直至工程竣工验收。

（3）施工总进度计划是以工程项目群体工程为对象，对整个工地的所有工程施工活动提出时间安排表，其作用是确定分部、分项工程及关键工序准备、实施期限、开工和完工的日期，确定人力资源、材料、成品、半成品、施工机具的需要量和调配方案，为项目经理确定现场临时设施、水、电、交通的需要数量和需要时间提供依据。因此，正确地编制施工总进度计划是保证工程施工按合同期交付使用、充分发挥投资效益、降低工程成本的重要基础。

（4）规定各工程的施工顺序和开、竣工时间，以此为依据确定各项施工作业所必需的

劳动力、机具（械）设备和各种物资的供应计划。

（三）工程进度计划方法

常用的表达工程进度计划方法有横道图和网络计划图两种形式。

（1）采用网络图的形式表达单位工程施工进度计划，能充分揭示各项工作之间的相互制约和相互依赖关系，并能明确反映出进度计划中的主要矛盾；可采用计算软件进行计算、优化和调整，使施工进度计划更加科学，也使得进度计划的编制更能满足进度控制工作的要求。

（2）采用横道图的形式表达单位工程施工进度计划可比较直观地反映出施工资源的需求及工程持续时间。

（3）图例：

1）图 1K420071-1 为分成两个施工段的某一基础工程用横道图表示的施工进度计划。该基础工程的施工过程是：挖基槽→做垫层→做基础→回填。

2）图 1K420071-2 为用双代号时间坐标网络计划（简称时标网络计划）表示的进度计划。

3）图 1K420071-3 为用双代号网络计划表示的进度计划。

4）图 1K420071-4 为用单代号网络计划表示的进度计划。

施工过程	施工顺序（d）														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
基槽															
垫层															
基础															
回填															

图 1K420071-1 用横道图表示的进度计划

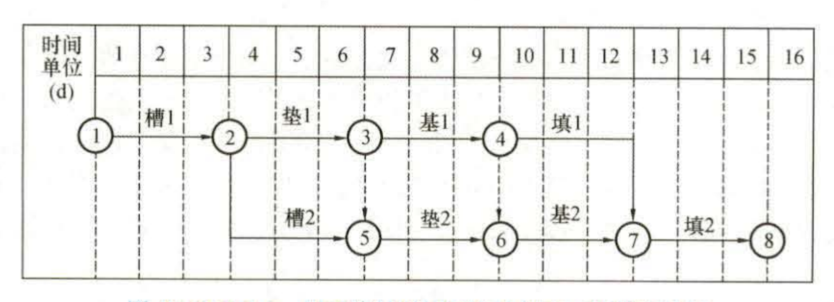


图 1K420071-2 用双代号时标网络计划表示的进度计划

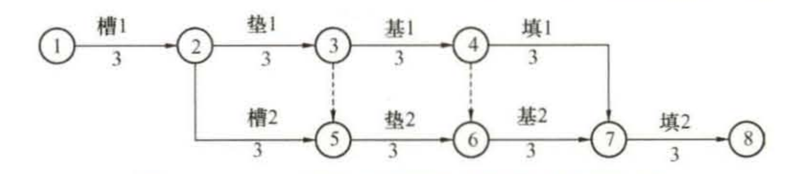


图 1K420071-3 用双代号网络计划表示的进度计划

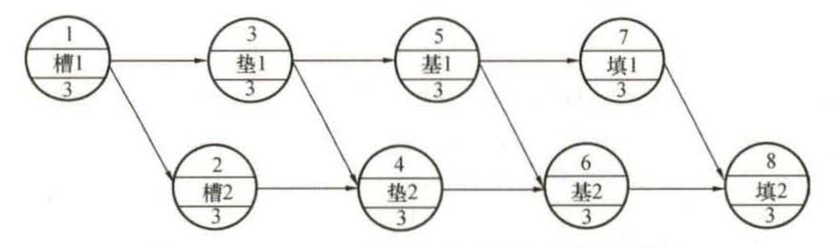


图 1K420071-4 用单代号网络计划表示的进度计划

以上网络计划都是图 1K420071-1 所示的用横道图表示的进度计划的不同表示方法。

1K420072 施工进度计划调控措施

一、施工进度目标控制

（一）总目标及其分解

（1）总目标对工程项目施工进度控制以实现施工合同约定的竣工日期为最终目标，总目标应按需要进行分解。

（2）按单位工程分解为交工分目标，制定子单位工程或分部工程交工目标。

（3）按承包的专业或施工阶段分解为阶段分目标，重大市政公用工程可按专业工程分解进度目标分别进行控制；也可按施工阶段划分确定控制目标。

（4）按年、季、月分解为时间分目标，适用于有形象进度要求时。

（二）分包工程控制

（1）分包单位的施工进度计划必须依据承包单位的施工进度计划编制。

（2）承包单位应将分包的施工进度计划纳入总进度计划的控制范畴。

（3）总、分包之间相互协调，处理好进度执行过程中的相关关系，承包单位应协助分包单位解决施工进度控制中的相关问题。

二、进度计划控制与实施

（一）计划控制

1. 控制性计划

年度和季度施工进度计划，均属控制性计划，是确定并控制项目施工总进度的重要节点目标。计划总工期跨越一个年度以上时，必须根据施工总进度计划的施工顺序，划分出不同年度的施工内容，编制年度施工进度计划，并在此基础上按照均衡施工原则，编制各季度施工进度计划。

2. 实施性计划

月、旬（或周）施工进度计划是实施性的作业计划。作业计划应分别在每月、旬（或周）末，由项目部提出目标和作业项目，通过工地例会协调之后编制。

年、季、月、旬、周施工进度计划应逐级落实，最终通过施工任务书由作业班组实施。

（二）保证措施

（1）严格履行开工、延期开工、暂停施工、复工及工期延误等报批手续。

（2）在进度计划图上标注实际进度记录，并跟踪记载每个施工过程的开始日期、完成日期、每日完成数量、施工现场发生的情况、干扰因素的排除情况。

（3）进度计划应具体落实到执行人、目标、任务，并制定检查方法和考核办法。

（4）跟踪工程部位的形象进度，对工程量、总产值、耗用的人工、材料和机械台班等的数量进行统计与分析，以指导下一步工作安排，并编制统计报表。

（5）按规定程序和要求，处理进度索赔。

三、进度调整

（1）跟踪进度计划的实施并进行监督，当发现进度计划执行受到干扰时，应及时采取调整计划措施。

（2）施工进度计划在实施过程中进行的必要调整必须依据施工进度计划检查审核结果进行。调整内容应包括：工程量、起止时间、持续时间、工作关系、资源供应。

（3）在施工进度计划调整中，工作关系的调整主要是指施工顺序的局部改变或作业过程相互协作方式的重新确认，目的在于充分利用施工的时间和空间进行合理交叉衔接，从而达到控制进度计划的目的。

1K420073 施工进度报告的注意事项

本条简要介绍施工进度计划检查审核与总结方法。

一、进度计划检查审核

（一）目的

工程施工过程中，项目部对施工进度计划应进行定期或不定期审核，其目的在于判断进度计划执行状态，在工程进度受阻时，分析存在的主要影响因素，为实现进度目标采取纠正措施及计划调整提供依据。

（二）主要内容

（1）工程施工项目总进度目标和所分解的分目标的内在联系合理性，能否满足施工合同工期的要求。

（2）工程施工项目计划内容是否全面，有无遗漏项目。

（3）工程项目施工程序和作业顺序安排是否合理；是否需要调整；如何调整。

（4）施工各类资源计划是否与进度计划实施的时间要求相一致；有无脱节；施工的均衡性如何。

（5）总包方和分包方之间，各专业之间，在施工时间和位置的安排上是否合理，有无相互干扰，主要矛盾是什么。

（6）工程项目施工进度计划的重点和难点是否突出；对风险因素的影响是否有防范对策和应急预案。

（7）工程项目施工进度计划是否能保证工程施工质量和安全的需要。

二、工程进度报告

（一）目的

（1）工程施工进度计划检查完成后，项目部应向企业及有关方面提供施工进度报告。

（2）根据施工进度计划的检查审核结果，研究分析存在的问题，制定调整方案及相应措施，以便保证工程施工合同的有效执行。

（二）主要内容

（1）工程项目进度执行情况的综合描述。主要内容是：报告的起止日期，当地气象及晴雨天数统计；施工计划的原定目标及实际完成情况；报告计划期内现场的主要大事记（如停水、停电、发生事故的概况和处理情况，收到建设单位、监理工程师、设计单位等指令文件及主要内容）。

（2）实际施工进度图。

（3）工程变更，价格调整，索赔及工程款收支情况。

（4）进度偏差的状况和导致偏差的原因分析。

（5）解决问题的措施。

（6）计划调整意见和建议。

三、施工进度控制总结

在工程施工进度计划完成后，项目部应编写施工进度控制总结，以便企业总结经验，提高管理水平。

（一）编制总结时应依据的资料

（1）施工进度计划。

（2）施工进度计划执行的实际记录。

（3）施工进度计划检查结果。

（4）施工进度计划的调整资料。

（二）施工进度控制总结应包括的内容

（1）合同工期目标及计划工期目标完成情况。

（2）施工进度控制经验与体会。

（3）施工进度控制中存在的问题及分析。

（4）施工进度计划科学方法的应用情况。

（5）施工进度控制的改进意见。

【案例1K420073】

1. 背景

某城市道路改建工程，地处交通要道，拆迁工作量大。建设方通过招标选择了工程施工总承包单位和拆迁公司。该施工项目部上半年施工进度报告显示：实际完成工作量仅为计划的1/3左右，窝工现象严重。报告附有以下资料：① 桩基分包方的桩位图（注有成孔／成桩记录）及施工日志；② 项目部的例会记录及施工日志；③ 施工总进度和年度计划图（横道图），图上标注了主要施工过程，开、完工时间及工作量，计划图制作时间为开工初期；④ 季、月施工进度计划及实际进度检查结果；⑤ 月施工进度报告和统计报表。报告除对进度执行情况简要描述外，对进度偏差及调查分析为“拆迁影

响，促拆迁”。

2. 问题

（1）施工项目进度报告应进行哪些方面的补充和改进？

（2）分包人是否应制定施工进度计划，与项目总进度计划的关系是什么？

（3）该项目施工进度计划应作哪些内容上的调整？

（4）请指出该项目施工进度计划编制应改进之处。

（5）请指出该项目施工进度计划的实施和控制存在哪些不足之处。

3. 参考答案

（1）对进度偏差及调查情况描述应补充和改进，提供的内容应包括：① 进度执行情况的综合描述，主要内容是：报告的起止日期，当地气象及晴雨天数统计，施工计划的原定目标及实际完成情况，报告计划期内现场的主要大事记（如停水、停电、发生事故的情况及处理情况，收到建设单位、监理工程师、设计单位等指令文件及主要内容）；② 实际施工进度图；③ 工程变更、价格调整、索赔及工程款收支情况；④ 进度偏差的状况和导致偏差的原因分析；⑤ 解决问题的措施；⑥ 计划调整意见。

（2）分包人应该制定施工进度计划。与项目总进度计划的关系为分包人的施工进度计划必须依据总承包人的施工进度计划编制；总承包人应将分包人的施工进度计划纳入总进度计划的控制范畴，总、分包人之间相互协调，处理好进度执行过程中的相互关系，并协助分包人解决项目进度控制中的相关问题。

（3）应调整内容包括施工内容、工程量、起止时间、持续时间、工作关系、资源供应。

（4）必须改进之处为：① 计划图制作时间应在开工前。② 在施工总进度和年度计划图（横道图）上仅标注了主要施工过程，开、完工时间及工作量是不够的；应该在计划图上进行实际进度记录，并跟踪记载每个施工过程的开始日期、完成日期、每日完成数量、施工现场发生的情况、干扰因素的排除情况。③ 无旬（或周）施工进度计划及实际进度检查结果。

（5）项目施工进度计划实施和控制过程存在的不足之处有：

1）未跟踪计划的实施并进行监督，在跟踪计划的实施和监督过程中当发现进度计划执行受到干扰时，应及时采取调整计划措施。

2）未在计划图上进行实际进度记录，并跟踪记载每个施工过程（而不是主要施工过程）的开始日期、完成日期、每日完成数量、施工现场发生的情况、干扰因素的排除情况。

3）未能执行施工合同中对进度、开工及延期开工、暂停施工、工期延误、工程竣工的承诺。

4）未跟踪形象进度对工程量、总产值、耗用的人工、材料和机械台班等的数量进行统计与分析，未编制统计报表。

5）未能落实控制进度措施，应具体到执行人、目标、任务、检查方法和考核办法。

6）未处理进度索赔。

1K420080　市政公用工程施工质量管理

1K420081　质量计划编制注意事项

制定市政公用工程质量计划的目的：① 满足合同的要求及项目制定的质量目标；② 对质量管理体系、机具应用、材料及试验进行管理，制定具体的质量措施；③ 明确环境对质量控制的影响；④ 制定施工过程质量监测的策划，减小质量风险。

一、质量计划编制依据

（1）国家和地方相关的法律、法规、标准、规范及有关规程。

（2）工程承包合同、设计图纸、施工组织设计及相关文件。

（3）企业和项目经理部的质量管理体系文件及其要求：

1）质量计划应在项目策划阶段编制，应充分识别项目存在的质量风险，并根据项目实施过程中的特殊过程制定有效的针对措施，并保持与现行质量文件要求的一致性。

2）质量计划应由施工项目负责人主持编制，项目技术负责人负责审核并报企业相关管理部门及企业技术负责人批准并得到监理单位认可后实施。

3）质量计划应体现从工序、分项工程、分部工程到单位工程的过程控制，且应体现从资源投入、质量风险控制、特殊过程控制到完成工程施工质量最终检验试验的全过程控制。

4）项目质量计划应明确所涉及的质量活动，并对其责任和权限进行分配，同时应考虑相互间的协调性和可操作性。

5）质量计划应实施动态管理，及时调整相关文件并监督实施，使其成为对外质量保证和对内质量控制的依据。

二、质量计划应包括的内容

（一）明确质量目标

（1）贯彻执行国家相关法规、规范、标准及企业质量目标。

（2）兑现合同中的质量承诺。

（3）呼应并再次明确施工组织设计中的质量目标并将质量目标分解到人、到岗。

（二）质量风险及特殊过程的识别

（1）对自身存在的质量风险进行辨识，并依据国家和地方相关的法律、法规、标准、规范及有关规程对质量风险进行合规性评价。

（2）识别施工全周期中的特殊过程。

（三）确定质量管理体系与组织机构

（1）建立以项目负责人为首的质量保证体系与组织机构，实行质量管理岗位责任制。

（2）确定质量保证体系框图及质量控制流程图。

（3）明确项目部质量管理职责与分工。

（4）制定项目部人员及资源配置计划。

（5）制定项目部人员培训计划。

（四）质量管理措施

（1）针对工程的关键工序和特殊过程，编制专项质量技术标准、保证措施及作业指

导书。

（2）根据工程实际情况，按分项工程项目分别制定质量保证技术措施，并配备工程所需的各类技术人员。

（3）确定主要分项工程项目质量标准和成品保护措施。

（4）明确与施工阶段相适应的检验、试验、测量、验证要求。

（5）对于特殊过程，应对其连续监控；作业人员持证上岗，并制定相应的措施和规定。

（6）明确材料、设备物资等质量管理规定。

（五）质量控制流程

（1）实施班组自检、工序或工种间互检、专业检查的“三检制”流程。

（2）明确施工项目部内、外部（监理）验收及隐蔽工程验收程序。

（3）确定分包工程的质量控制流程。

（4）确定更改和完善质量保证计划的程序。

（5）确定评估、持续改进流程。

除去上述所说，质量计划中还须包括质量计划的编制依据、资源的需求和配置、工程部署规划、进度控制措施、质量突发事件的应急措施及对违规事件的报告和处理。

1K420082 质量计划实施要点

一、质量计划实施基本规定

（1）质量计划实施的目的是确保施工质量满足工程施工技术标准和工程施工合同的要求，有效规避施工中所存在的质量风险。

（2）项目管理人员应按照岗位责任分工，控制质量计划的实施。项目负责人对质量控制负责，质量管理由每一道工序和各岗位的责任人负责，并按规定保存控制记录。

（3）总承包人就工程施工质量和质量保修工作向发包人负责。分包工程的质量由分包人向总承包人负责。总承包人就分包人的工程质量向发包人承担连带责任。分包人应接受总承包人的质量管理。

（4）质量控制应实行质量样板制和首段验收制。施工过程均应按要求进行自检、互检和专检。施工中，前一分项工程未经验收合格严禁进行后一分项工程施工。

（5）施工项目部应建立质量责任制和考核评价办法。

二、质量管理与控制

（一）按照施工阶段划分质量控制目标和重点

（1）施工准备阶段质量控制，重点是质量计划和技术准备。

（2）施工阶段质量控制，应随着工程进度、施工条件变化确定重点。

（3）分项工程成品保护，重点是不同施工阶段的成品保护。

（二）控制方法

（1）应在施工过程中确定关键工序及特殊过程并明确其质量控制点及控制措施。影响施工质量的因素包括与施工质量有关的人员、施工机具、建筑材料、构配件和设备、施工方法和环境因素。下列影响因素应列为工序的质量控制点：

1）对施工质量有重要影响的关键质量特性、关键部位或重要影响因素。

2）工艺上有严格要求，对下道工序的活动有重要影响的关键质量特性、部位。

3）严重影响项目质量的材料的质量和性能。

4）影响下道工序质量的技术间歇时间。

5）某些与施工质量密切相关的技术参数。

6）容易出现质量通病的部位。

7）紧缺建筑材料、构配件和设备或可能对生产安排有严重影响的关键项目。

（2）针对不同专业工程质量通病制定保证措施。

（3）对于新材料、新技术、新工艺、新设备制定技术操作规程和质量验收标准。

（4）实行分包的分项、分部工程：应制定质量验收程序和质量保证措施。

（5）对于隐蔽工程，实行监理的工程应严格执行分项工程验收制；未实行监理的工程应事先确定验收程序和组织方式。

（6）质量风险：在项目准备阶段对质量风险进行识别，质量风险不单单指对施工实体质量控制上存在的风险，还须对项目管理中可能出现的质量风险进行识别。

（7）加强信息反馈，确保人、机具（械）、材料、方法、环境等质量因素处于受控状态。

（8）当发生质量缺陷或事故时，应按规定及时、如实上报。必须分析原因，分清责任，采取有效措施进行整改。

三、质量计划的验证

（1）项目技术负责人应定期组织项目管理人员进行内部质量审核，验证质量计划的实施效果，当存在问题或隐患时，应提出解决措施。

（2）对重复出现的不合格质量问题，责任人应按规定承担责任，并应依据验证评价的结果进行处罚。

（3）质量控制应坚持"质量第一，预防为主"的方针，实施《质量管理体系 要求》GB/T 19001—2016中的"计划、执行、检查、处理"（PDCA）循环工作方法，不断改进过程控制。

【案例1K420082】

1. 背景

某热源厂敷设一条管径为*DN*250mm的管道，输送0.6MPa的蒸汽到1450m外新建小区供热站。经招标选择A公司负责承建。A公司因焊工不足，将管道焊接施工分包给B公司。在试运行时，该管线出现了质量事故（事故情况略），依据事故调查和有资质单位的检测报告，表明有一个焊口被撕裂，判断为焊接质量不合格。

2. 问题

（1）A公司的分包做法是否符合规定？为什么？

（2）从质量事故分析A公司和B公司在质量控制上的责任。

（3）质量事故调查都应包括哪些主要内容？

3. 参考答案

（1）A公司的分包不符合规定。因为：① 实行分包的工程，应是合同文件中规定工程的部分；② 就该工程而言，管道是工程项目的关键分项工程，依据我国《民法典》

合同编及《建筑法》规定，该工程项目的管道焊接不能分包。

（2）检测报告表明：一个焊口不合格，说明A公司和B公司在质量控制上对重点工序——焊接质量失控，造成人、机具（械）、材料、方法、环境等质量因素没有处于受控状态。A公司对工程施工质量和质量保修工作向发包方负责。分包工程的质量由B公司向A公司负责。A公司对B公司的质量事故向发包方承担连带责任。

（3）调查内容包括：对事故进行细致的现场调查，包括发生的时间、性质、操作人员、现况及发展变化的情况，充分了解与掌握事故的现场和特征；收集资料，包括所依据的设计图纸、使用的施工方法、施工工艺、施工机具、真实的施工记录、施工期间环境条件、施工顺序及质量控制情况等，摸清事故对象在整个施工过程中所处的客观条件；对收集到的可能引发事故的原因进行整理，按"人、机、料、法、环"五个方面内容进行归纳，形成质量事故调查的原始资料。

1K420083 施工准备阶段质量管理措施

一、施工准备阶段质量管理要求

（1）市政公用工程通常具有专业工程多、地上地下障碍物多、专业之间及社会之间配合工作多、干扰多的特点，导致施工变化多。项目部进场后应由技术负责人组织工程现场和周围环境调研及详勘。

（2）在调研和详勘基础上，针对工程项目不确定因素和质量影响因素，进行质量影响分析和质量风险评估。

（3）在质量影响分析和质量风险评估基础上编制实施性施工组织设计和质量计划。

二、施工准备阶段质量管理内容

（一）组织准备

（1）建立以项目经理为第一责任人的管理组织机构和质量管理体系，明确各级岗位责任制及职能分工。

（2）在满足施工质量和进度的前提下合理组织和安排施工队伍。

（3）施工项目部组织全体施工人员进行质量管理和质量标准的培训，并应保存培训记录。

（二）技术管理准备

（1）建设单位负责提供完整的通过审查的施工图纸、地质勘察报告等相关技术资料，施工项目部收集整理，指定专人管理并公布有效件清单。

（2）图纸会审。建设单位负责组织并记录，设计单位对图纸内容及相关问题进行交底。

（3）工程开工前，编制施工组织设计、施工方案编制计划、质量计划、试验检验及设备调试工作计划、样板制作计划等。

（4）根据施工组织，分解和确定各阶段质量目标和质量保证措施。

（5）确认分项、分部和单位工程的质量检验与验收程序、内容及标准等。

（三）物资准备

（1）项目负责人按质量计划中关于工程分包和物资采购的规定，经招标程序选择并评

价分包人和供应商，保存评价记录。各类原材料、成品、半成品质量，必须具有质量合格证明资料并经进场检验，不合格不准使用。

（2）机具设备根据施工组织设计进场，性能检验应符合施工需求。

（3）按照安全生产规定，配备足够质量合格的安全防保用品。

（四）现场准备

（1）工程开工前，完成场地整平、施工路由通畅，并由建设单位提供给水水源、排水口位置、电源、通信等。

（2）做好设计、勘测的交桩和交线工作，建立施工控制网并测量放样。

（3）建设符合国家及地方标准要求的现场试验室。

（4）按照交通疏导（行）方案修建临时施工便线、导行临时交通。

（5）根据现场施工条件及实际需要，搭建现场生产、生活、办公等临时设施。

（五）资金准备

根据施工进度计划编制资金使用计划。

1K420084 施工质量控制要点

一、施工质量因素控制

（一）施工人员控制

（1）项目部管理人员保持相对稳定，按照项目职能分工配备具有相应技能的人员。

（2）作业人员满足施工进度计划需求，关键岗位工种符合要求。

（3）建立绩效考核制度，依据职能分工定期对项目管理人员考核并记录。

（4）劳务人员实行实名制管理（见本书 1K420063 条）。

（二）材料的质量控制

（1）材料进场必须检验，依样品及相关检测报告进行报验，报验合格的材料方能使用。

（2）现场建立标准化材料存放区、加工区，对原材料、半成品、构配件区分标识，材料的搬运和储存按照相关规定进行。

（3）未经检验和已经检验为不合格的材料、半成品、构配件，必须按规定进行复验或退场处理。

建立材料管理制度，采用限额领料制度，由施工人员签发限额领料单，库管员按单发货。

（三）机具（械）设备的质量控制

（1）应按设备进场计划进行施工设备的调配。

（2）进场的施工机具（械）应经检测合格，满足施工需要。

（3）应对机具（械）设备操作人员的资格进行确认，无证或资格不符合者，严禁上岗。定期对机具（械）进行维修保养，并留有记录备查。

（4）计量人员应按规定控制计量器具的使用、保管、维修和验证，计量器具应符合有关规定，并应建立台账。

二、施工过程质量控制

（一）分项工程（工序）控制

（1）施工管理人员在每分项工程（工序）施工前应对作业人员进行书面技术交底，交

底内容包括工具及材料准备、施工技术要点、质量要求及检查方法、常见问题及预防措施。

（2）在施工过程中，施工方案、技术措施及设计变更实施前，项目技术负责人应对执行人员进行书面交底。

（3）分项工程（工序）的检验和试验应符合过程检验和试验的规定，对查出的质量缺陷应按不合格控制程序及时处置。

（4）施工管理人员应记录工程施工的情况，包括日期、天气、施工部位、施工质量、安全、进度情况及人员调配等相关内容。

（二）特殊过程控制

（1）依据一般过程质量控制要求编制针对性作业指导书。

（2）编制的作业指导书，应经项目部或企业技术负责人审批后执行。

（三）不合格产品控制

（1）控制不合格品进入项目施工现场。

（2）对发现的不合格产品和过程，应按规定进行鉴别，标识、记录、评价和处置。

（3）不合格处置应根据不合格程度，按返工、返修，让步接收，降级使用，拒收（报废）四种情况进行处理。构成等级质量事故不合格的，应按国家法律、行政法规进行处理。

（4）对返修或返工后的产品，应按规定重新进行检验和试验，并应保存记录。

（5）进行不合格让步接收时，工程施工项目部应向发包人提出书面让步接收申请，记录不合格程度和返修的情况，双方签字确认让步接收协议和接收标准。

（6）对影响建筑主体结构安全和使用功能不合格的产品，应邀请发包人代表或监理工程师、设计人，共同确定处理方案，报工程所在地建设主管部门批准。

（7）检验人员必须按规定保存不合格控制的记录。

三、质量管理与控制的持续改进

（一）预防与策划

（1）施工项目部应定期召开质量分析会，对影响工程质量的潜在原因，采取预防措施。

（2）对可能出现的不合格产品，应制定预防措施并组织实施。

（3）对质量通病应采取防治措施。

（4）对潜在的严重不合格产品，应实施预防措施控制程序。

（5）施工项目部应定期评价预防措施的有效性。

（二）纠正

（1）对发包人、监理方、设计方或质量监督部门提出的质量问题，应分析原因，制定纠正措施。

（2）对已发生或潜在的不合格信息，应分析并记录处理结果。

（3）对检查发现的工程质量问题或不合格报告提出的问题，应由工程施工项目技术负责人组织有关人员判定不合格程度，制定纠正措施。

（4）对严重不合格或重大质量事故，必须实施纠正方案及措施。

（5）实施纠正措施的结果应由施工项目技术负责人验证并记录；对严重不合格或等级质量事故的纠正措施和实施效果应验证，并应上报企业管理层。

（6）施工项目部或责任单位应定期评价纠正措施的有效性，进行分析、总结。

（三）检查、验证

（1）项目部应对项目质量计划执行情况组织检查、内部审核和考核评价，验证实施效果。

（2）项目负责人应依据质量控制中出现的问题、缺陷或不合格情况，召开有关专业人员参加的质量分析会进行总结，并制定改进措施。

【案例1K420084】

1. 背景

A公司中标某城市燃气管道工程，其中穿越高速公路段管道敷设在钢筋混凝土套管内。套管内径为2.2m，管顶覆土厚度大于6m，采用泥水平衡顶管机施工，顶管长度98m。路两侧检查井兼作工作井，采用锚喷倒挂法施工。单节混凝土管长2m，自重10t，拟采用20t吊车下管。施顶前，A公司项目主管部门在对现场施工准备的检查中，发现以下情况：

（1）项目部未能提供工作井专项施工方案和论证报告。

（2）施工现场有泥浆拌合、注浆设备，但未见施工方案中的泥浆处理设施；现场施工负责人回答泥浆拟全部排入附近水沟。

（3）顶管设备是租来的设备，并配备一名操作手；现场未见泥水平衡顶管作业指导书。

2. 问题

（1）该工程的工作井施工是否要编制危险性较大分部分项工程专项施工方案？

（2）项目部拟将泥浆排入水沟的做法可行吗？说明理由。

（3）现场未见泥水平衡顶管作业指导书说明项目部技术质量管理存在哪些问题？

3. 参考答案

（1）必须编制危险性较大分部分项工程专项施工方案。因为管顶覆土厚度加上混凝土管外径和井底板厚度后，工作井基坑开挖深度接近9m。依据《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（中华人民共和国住房和城乡建设部令第37号，2019年3月13日由中华人民共和国住房和城乡建设部令第47号修正）和《住房城乡建设部办公厅关于实施〈危险性较大的分部分项工程安全管理规定〉有关问题的通知》（建办质〔2018〕31号）规定，开挖深度超过5m（含5m）的基坑（槽）的土方开挖、支护、降水工程，施工单位应当组织召开专家论证会对专项施工方案进行论证。

（2）不可行。泥浆处理是市政公用工程文明施工和环境保护的重要内容，含有有害物质的泥浆不能直接排入水体和市政管道。此外，泥浆处理是选择泥水平衡顶管方式的决定因素之一，也是顶管施工方案的重要组成部分；改变处理方式必须办理施工方案变更手续。

（3）租用顶进设备和操作人员，说明工程施工项目或所属企业缺少类似的施工经验，在技术质量管理上应安排试验段以掌握施工技术和质量控制要点；并应将泥水顶管施工作为特殊过程列入该项目质量计划。特殊过程的控制，除应执行一般过程控制规定外，还应由专业技术人员编制专门的作业指导书。编制的作业指导书，应经项目部或企业技术负责人审批后执行。

1K420090 城镇道路工程质量检查与验收

1K420091 无机结合料稳定基层施工质量检查与验收

一、石灰稳定土基层

(一)材料

(1)宜采用塑性指数为10～15的粉质黏土、黏土,土中的有机物含量宜小于10%。

(2)宜用1～3级的新石灰,其技术指标应符合规范要求;磨细生石灰,可不经消解直接使用,块灰应在使用前2～3d完成消解,未能消解的生石灰块应筛除,消解石灰的粒径不得大于10mm。

(3)宜使用饮用水或不含油类等杂质的清洁中性水(pH值为6～8),水质应符合《混凝土用水标准》JGJ 63—2006的规定。

(二)拌合运输

(1)石灰土配合比设计应准确。通过配合比设计确定最佳含水率、最大干密度和石灰剂量,达到设计要求的7d无侧限抗压强度的要求。

(2)应严格按照配合比拌合,并根据原材料的含水率变化及时调整拌合用水量。

(3)在城镇人口密集区应使用厂拌石灰土,不得使用路拌石灰土。宜采用强制式搅拌机,拌合应均匀,石灰土应过筛。运输时,应采取遮盖封闭措施防止水分损失。

(三)施工

(1)控制虚铺厚度,确保基层厚度和高程,其路拱横坡应与面层要求一致。

(2)碾压时压实厚度与碾压机具相适应,含水率宜在最佳含水率的允许偏差范围内,以满足压实度的要求。

(3)严禁用薄层贴补的办法找平。

(4)石灰土应湿养,养护期不宜少于7d。养护期间应封闭交通。

二、水泥稳定土基层

(一)材料

(1)应采用初凝时间大于3h,终凝时间不小于6h的42.5级及以上普通硅酸盐水泥,32.5级及以上矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅酸盐水泥。

(2)宜选用粗粒土、中粒土,土的均匀系数不应小于5,宜大于10,塑性指数宜为10～17。

(3)粒料可选用级配碎石、砂砾、未筛分碎石、碎石土、砾石和煤矸石、粒状矿渣等材料。用作基层时,粒料最大粒径不宜超过37.5mm;用作底基层粒料最大粒径:城市快速路、主干路不应超过37.5mm;次干路及以下道路不应超过53mm。各种粒料,应按其自然级配状况,经人工调整使其符合规范要求。碎石、砾石、煤矸石等的压碎值:城市快速路、主干路基层与底基层不应大于30%;其他道路基层不应大于30%,底基层不应大于35%。

(4)集料中有机质含量不应超过2%;集料中硫酸盐含量不应超过0.25%。

(5)水的要求同石灰稳定土基层。

(二)拌合运输

(1)水泥稳定土的配合比要符合设计要求与规范规定。

（2）集料应过筛，级配符合设计要求；混合料配合比符合要求，计量准确、含水量符合施工要求且拌合均匀。

（3）运输时，应采取遮盖封闭措施防止水分损失和遗撒。

（三）施工

（1）宜采用摊铺机械摊铺，施工前应通过试验确定压实系数。

（2）自拌合至摊铺完成，不得超过3h。分层摊铺时，应在下层养护7d后，方可摊铺上层材料。

（3）宜在水泥初凝时间到达前碾压成活。

（4）宜采用洒水养护，保持湿润。常温下成活后应经7d养护，方可在其上铺路面层。

（5）摊铺、碾压要求与石灰稳定土相同。

三、石灰、粉煤灰稳定砂砾基层

（一）材料

（1）石灰要求同石灰稳定土。

（2）粉煤灰中SiO_2、Al_2O_3和Fe_2O_3总量宜大于70%；在温度为700℃的烧失量宜小于或等于10%。细度满足比表面积宜大于2500cm^2/g，90%通过0.3mm筛孔，70%通过0.075mm筛孔。

（3）砂砾应经破碎、筛分，级配符合规范要求，破碎砂砾中最大粒径不应大于37.5mm。

（4）水的要求同石灰稳定土基层。

（二）拌合运输

（1）宜采用强制式拌合机拌制，配合比设计应遵守设计与规范要求。

（2）应采用集中拌制，运输时应采取遮盖封闭措施，防止水分损失和遗撒。

（三）施工

（1）混合料在摊铺前其含水量宜为最佳含水量的允许偏差范围内。摊铺中发生粗、细集料离析时，应及时翻拌。

（2）摊铺、碾压要求同石灰稳定土。

（3）应在潮湿状态下养护，养护期视季节而定，常温下不宜少于7d。采用洒水养护时，应及时洒水，保持混合料湿润。

（4）采用喷洒沥青乳液养护时，应及时在乳液面撒嵌丁料。

（5）养护期间宜封闭交通。需通行的机动车辆应限速，严禁履带车辆通行。

四、质量检验

石灰稳定土、水泥稳定土、石灰粉煤灰稳定砂砾等无机结合料稳定基层现场质量检验项目主要有：基层压实度、7d无侧限抗压强度等。

1K420092 沥青混合料面层施工质量检查与验收

以下内容主要涉及热拌沥青混合料面层施工质量控制的要点。

一、市政行业标准——《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008

（1）沥青混合料面层施工外观质量要求是：表面应平整、坚实，不得有脱落、掉渣、裂缝、推挤、烂边、粗细料集中等现象；用10t以上压路机碾压后，不得有明显轮

迹；接缝应紧密、平顺，烫缝不应枯焦；面层与路缘石及其他构筑物应接顺，不得有积水现象。

（2）施工质量检验与验收项目：压实度、厚度、弯沉值、平整度、宽度、中线偏位、纵断高程、横坡、井框与路面高差、抗滑性能等。

（3）沥青混合料面层施工质量验收主控项目：原材料、压实度、面层厚度、弯沉值。

1）沥青混合料面层压实度，对城市快速路、主干路不应小于96%；对次干路及以下道路不应小于95%。

检查数量：每1000m^{2}测1点。

检验方法：查试验记录（马歇尔击实试件密度，试验室标准密度）。

2）面层厚度应符合设计规定，允许偏差为－5～＋10mm。

检查数量：每1000m^{2}测1点。

检验方法：钻孔或刨挖，用钢尺量。

3）弯沉值，不应大于设计规定。

检查数量：每车道、每20m，测1点。

检验方法：弯沉仪检测。

二、国家标准——《沥青路面施工及验收规范》GB 50092—96

（1）沥青混合料路面施工过程质量检查项目：外观、接缝、施工温度、矿料级配、沥青用量、马歇尔试验指标、压实度等，同时还应检查厚度、平整度、宽度、纵断面高程、横坡度等外形尺寸。

（2）城镇道路沥青混合料路面竣工验收应检查项目：面层总厚度、上面层厚度、平整度（标准差σ值）、宽度、纵断面高程、横坡度、沥青用量、矿料级配、压实度、弯沉值等；抗滑表层还应检查构造深度、摩擦系数（摆值）等。

1K420093 水泥混凝土面层施工质量检查与验收

一、材料与配合比

（一）原材料控制

（1）重交通以上等级道路、城市快速路、主干路应采用42.5级及以上的道路硅酸盐水泥或硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥；中、轻交通等级道路可采用矿渣水泥，其强度等级宜不低于32.5级。水泥应有出厂合格证（含化学成分、物理指标）并经复验合格，方可使用。不同等级、厂牌、品种、出厂日期的水泥不得混存、混用。出厂期超过三个月或受潮的水泥，必须经过试验，合格后方可使用。

（2）粗集料应采用质地坚硬、耐久、洁净的碎石、砾石、破碎砾石，技术指标应符合规范要求；宜使用人工级配，粗集料的最大公称粒径，碎砾石不应大于26.5mm，碎石不应大于31.5mm，砾石不宜大于19.0mm；钢纤维混凝土粗集料最大粒径不宜大于19.0mm。

（3）宜采用质地坚硬、细度模数在2.5以上、符合级配规定的洁净粗砂、中砂，技术指标应符合规范要求。使用机制砂时，还应检验砂磨光值，其值宜大于35，不宜使用抗磨性较差的水成岩类机制砂。城市快速路、主干路宜采用一级砂和二级砂。海砂不得直接用于混凝土面层。

（4）外加剂宜使用无氯盐类的防冻剂、引气剂、减水剂等，且应符合《混凝土外加剂》GB 8076—2008 的有关规定，并有合格证。使用外加剂应经掺配试验，并应符合《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119—2013 的有关规定。

（5）钢筋的品种、规格、成分，应符合设计和国家标准规定，具有生产厂的牌号、炉号，检验报告和合格证，并经复验（含见证取样）合格。钢筋不得有锈蚀、裂纹、断伤和刻痕等缺陷。

（6）传力杆（拉杆）、滑动套材质、规格应符合规定。胀缝板宜用厚 20mm，水稳定性好，具有一定柔性的板材制作，且应经防腐处理。填缝材料宜用树脂类、橡胶类、聚氯乙烯胶泥类、改性沥青类填缝材料，并宜加入耐老化剂。

（二）混凝土配合比

（1）混凝土配合比在兼顾经济性的同时应满足弯拉强度、工作性、耐久性三项技术要求。

（2）配合比设计应符合设计要求和规范规定。

二、拌合与运输

（一）拌合

（1）应提前检定与校准混凝土的搅拌设备，以保证计量准确。

（2）每盘的搅拌时间应根据搅拌机的性能和拌合物的和易性、均质性、强度稳定性确定。

（3）严格控制总拌合时间，每盘最长总搅拌时间宜为 80～120s。

（二）运输

（1）配备足够的运输车辆，总运力应比总拌合能力略有富余，以确保混凝土在规定时间到场。混凝土拌合物从搅拌机出料到铺筑完成的时间不能超过规范规定。

（2）城市道路施工中，一般采用混凝土罐车运送。

（3）运输车辆要防止漏浆、漏料和离析，夏季烈日、大风、雨天和低温天气远距离运输时，应有相应措施确保混凝土质量。

三、常规施工

（一）摊铺

（1）模板选择应与摊铺施工方式相匹配，模板的强度、刚度、断面尺寸、直顺度、板间错台等制作偏差与安装偏差不能超过规范要求。

（2）摊铺前应全面检查模板的间隔、高度、润滑、支撑稳定情况和基层的平整、润湿情况及钢筋位置、传力杆装置等。

（3）铺筑时卸料、布料、摊铺速度控制、摊铺厚度、振实等应符合不同施工方式的相关要求，摊铺厚度应根据松铺系数确定。

（二）振实

（1）宜采用专业振实设备。

（2）控制混凝土振捣时间，防止过振。

（三）做面与养护

（1）混凝土板做面前，应做好清边整缝、清除粘浆、修补掉边、缺角。

（2）做面时宜分两次进行。严禁在面板上洒水、撒水泥粉。

（3）抹平后沿横坡向拉毛或压槽。拉毛和压槽深度应为1～2mm。

1K420094 冬、雨期施工质量保证措施

城市道路施工应制定冬、雨、高温等时期的施工技术措施和质量控制措施。

一、雨期施工质量控制

（一）雨期施工基本要求

（1）加强与气象台站联系，掌握天气预报，安排在不下雨时施工。

（2）调整施工步序，集中力量分段施工。

（3）做好防雨准备，在料场和搅拌站搭雨棚，或施工现场搭可移动的罩棚。

（4）建立完善排水系统，防排结合；并加强巡视，发现积水、挡水处，及时疏通。

（5）道路工程如有损坏，及时修复。

（二）路基施工

（1）对于土路基施工，要有计划地组织快速施工，分段开挖，切忌全面开挖或挖段过长。

（2）挖方地段要留好横坡，做好截水沟。坚持当天挖完、压完，不留后患。因雨翻浆地段，要换料重做。

（3）填方地段施工，应按2%～3%的横坡整平压实，以防积水。

（三）基层施工

（1）对稳定类材料基层，应坚持拌多少、铺多少、压多少、完成多少。

（2）下雨来不及完成时，要尽快碾压，防止雨水渗透。

（3）在多雨地区，应避免在雨期进行石灰土基层施工；石灰稳定中粒土和粗粒土施工时，应采用排除表面水的措施，防止集料过分潮湿，并应保护石灰免遭雨淋。

（4）雨期施工水泥稳定土，特别是水泥土基层时，应特别注意天气变化，防止水泥和混合料遭雨淋。降雨时应停止施工，已摊铺的水泥混合料应尽快碾压密实。路拌法施工时，应排除下承层表面的水，防止集料过湿。

（四）面层施工

（1）沥青面层不允许下雨时或下层潮湿时施工。雨期应缩短施工长度，加强施工现场与沥青拌合厂及气象部门联系，做到及时摊铺、及时完成碾压。沥青混合料运输车辆应有防雨措施。

（2）水泥混凝土面层施工前应准备好防雨棚等防雨设施。施工中遇雨时，应立即使用防雨设施完成对已铺筑混凝土的振实成型，不应再开新作业段，并应采用覆盖等措施保护尚未硬化的混凝土面层。

二、冬期施工质量控制

（一）冬期施工基本要求

（1）应尽量将土方、土基施工项目安排在上冻前完成。

（2）当施工现场环境日平均气温连续5d稳定低于5℃，或最低环境气温低于-3℃时，应视为进入冬期施工。

（3）在冬期施工中，既要防冻，又要快速，以保证质量。

（4）准备好防冻覆盖和挡风、加热、保温等物资。

（二）路基施工

（1）采用机械为主、人工为辅方式开挖冻土，挖到设计标高立即碾压成型。

（2）如当日达不到设计标高，下班前应将操作面刨松或覆盖，防止冻结。

（3）城市快速路、主干路的路基不得用含有冻土块的土料填筑。次干路以下道路填土材料中冻土块最大尺寸不得大于100mm，冻土块含量应小于15%。

（三）基层施工

（1）石灰及石灰粉煤灰稳定土（粒料、钢渣）类基层，宜在进入冬期前30～45d停止施工，不应在冬期施工。

（2）水泥稳定土（粒料）类基层，宜在进入冬期前15～30d停止施工。当上述材料养护期进入冬期时，应在基层施工时向基层材料中掺入防冻剂。

（3）级配砂石（砾石）、级配碎石施工，应根据施工环境最低温度洒布防冻剂溶液，随洒布，随碾压。

（四）沥青混凝土面层

（1）城市快速路、主干路的沥青混合料面层严禁冬期施工。次干路及其以下道路在施工环境温度低于5℃时，应停止施工。当风力在6级及以上时，沥青混合料面层不应施工。热拌改性沥青混合料施工环境温度不应低于10℃。

（2）粘层、透层、封层严禁冬期施工。

（五）水泥混凝土面层

（1）搅拌站应搭设工棚或其他挡风设备，搅拌机出料温度不得低于10℃，摊铺混凝土温度不应低于5℃。

（2）施工中应根据气温变化采取保温防冻措施。当连续5昼夜平均气温低于−5℃，或最低气温低于−15℃时，宜停止施工。

（3）混凝土拌合料温度应不高于35℃。拌合物中不得使用带有冰雪的砂、石料，可加防冻剂、早强剂，搅拌时间适当延长。

（4）混凝土板弯拉强度低于1MPa或抗压强度低于5MPa时，不得受冻。

（5）混凝土板浇筑前，基层应无冰冻、不积冰雪，摊铺混凝土时气温不低于5℃。

（6）尽量缩短各工序时间，快速施工。成型后，及时覆盖保温层，减缓热量损失，使混凝土的强度在其温度降到0℃前达到规范要求强度。养护期混凝土面层最低温度不应低于5℃。

三、高温期施工

（一）水泥路面高温施工的规定

（1）气温高于30℃，混凝土拌合物温度在30～35℃，同时空气相对湿度小于80%时，应按高温期施工的规定进行。

（2）应避开高温期施工水泥混凝土面板。

（二）高温施工的规定

（1）严控混凝土的配合比，保证其和易性，必要时可适当掺加缓凝剂，特高温时段混凝土拌合可掺加降温材料。尽量避开气温过高的时段，可选早晨、晚间施工。

（2）加强拌制、运输、浇筑、抹面等各工序衔接，尽量使运输和操作时间缩短。

（3）加设临时罩棚，避免混凝土面板遭日晒，减少蒸发量，及时覆盖，加强养护，多

洒水，保证正常硬化过程。

（4）采用洒水覆盖保湿养护时，应控制养护水温与混凝土面层表面的温差不大于12℃，不得采用冰水或冷水养护以免造成骤冷而导致表面开裂。

（5）高温期水泥混凝土路面切缝宜比常温施工提早。

1K420095 压实度的检测方法与评定标准

一、压实度的测定

（一）路基、基层

1．环刀法

适用于细粒土及无机结合料稳定细粒土的密度和压实度检测。

2．灌砂法

在所测层位挖坑，利用标准砂测定体积，计算密度，适用于土路基压实度检测，不宜用于填石路堤等大空隙材料的压实检测。

（二）沥青路面

1．钻芯法检测

现场钻芯取样送试验室试验，以评定沥青面层的压实度。

2．核子密度仪检测

检测各种土基的密实度和含水率，采用直接透射法测定；检测路面或路基材料的密度和含水率时采用散射法，并换算施工压实度。

二、压实质量标准

（一）土方路基

设计有要求的，按设计规定执行；设计无要求的，则按照土方路基填挖类型（填方、挖方、半填半挖路段）、填筑深度及道路类型（快速路及主干路、次干路、支路），对照表1K420095-1（依据《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008），判断是否达到质量要求。

路基压实度标准　　表1K420095-1

填挖类型	路床顶面以下深度（cm）	道路类型	压实度（%）	检验频率		检验方法
				范围	点数	
挖方	0～30	快速路、主干路	≥95	每1000m²	每层一组（3点）	细粒土用环刀法，粗粒土用灌砂法或灌水法
		次干路	≥93			
		支路	≥90			
填方	0～80	快速路、主干路	≥95			
		次干路	≥93			
		支路	≥90			
	＞80～150	快速路、主干路	≥93			
		次干路	≥90			
		支路	≥90			

续表

填挖类型	路床顶面以下深度（cm）	道路类型	压实度（%）	检验频率		检验方法
				范围	点数	
填方	＞150	快速路、主干路	≥90	每1000m²	每层一组（3点）	细粒土用环刀法，粗粒土用灌砂法或灌水法
		次干路	≥90			
		支路	≥87			

注：表中数字为重型击实标准压实度，最大干密度采用击实试验结果。

（二）沥青路面

按照路面类型：热拌沥青混合料（快速路及主干路、次干路、支路）、冷拌沥青混合料、沥青贯入式对照表1K420095-2（摘自《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008），判断是否达到质量要求。

路面压实度标准　　表1K420095-2

路面类型	道路类型	压实度（%）	检验频率		检验方法
			范围	点数	
热拌沥青混合料	快速路、主干路	≥96	每1000m²	1	查试验记录
	次干路	≥95			
	支路	≥95			
冷拌沥青混合料		≥95			查配合比、复测
沥青贯入式		≥95			查试验记录

三、压实质量的评定

路基、基层、沥青路面工程施工质量检验项目中，压实度均为主控项目，必须达到100%合格；检验结果达不到要求值时，应采取措施保证压实度。

1K420100　城市桥梁工程质量检查与验收

1K420101　钻孔灌注桩施工质量事故预防措施

一、地质勘察资料和设计文件

（一）可能存在的问题

地质勘察主要存在勘察孔间距太大、孔深太浅，土工试验数量不足、土工取样和土工试验不规范，桩周摩阻力和桩端承载力不足等问题；设计文件主要存在对地质勘察资料没有认真研究、桩型选择不当、地面标高不清等问题。

（二）预防措施

在桩基开始施工前，对地质勘察资料和设计文件进行认真研究。对桩基持力层厚度变化较大的场地，应适当加密地质勘察孔；必要时进行补充勘察，防止桩端落在较薄的持力层上而发生持力层剪切破坏。场地有较厚的回填层和软土层时，设计者应认真校核桩基是否存在负摩擦现象。

二、孔口高程及钻孔深度的误差

（一）孔口高程的误差

孔口高程的误差主要有两方面：一是由于地质勘察完成后场地再次回填，计算孔口高程时疏忽而引起的误差；二是由于施工场地在施工过程中废渣的堆积，地面不断升高，孔口高程发生变化造成的误差。

其对策是认真校核原始水准点和各孔口的绝对高程，每根桩开孔前复测一次桩位孔口高程。

（二）钻孔深度的误差

有些工程在场地回填平整前就进行工程地质勘察，地面高程较低，当工程地质勘察采用相对高程时，施工应把高程换算一致，避免出现钻孔深度的误差。另外，孔深测量应采用丈量钻杆的方法，取钻头的2/3长度处作为孔底终孔界面，不宜采用测绳测定孔深。对于端承桩钻孔的终孔标高应以桩端进入持力层深度为准，不宜以固定孔深的方式终孔。因此，钻孔到达桩端持力层后应及时取样鉴定，确定钻孔是否进入桩端持力层。

三、孔径误差

孔径误差主要是由于作业人员疏忽错用其他规格的钻头，或因钻头陈旧，磨损后直径偏小所致。对于直径800～1200mm的桩，钻头直径比设计桩径小30～50mm是合理的。每根桩孔开孔时，应验证钻头规格，实行签证手续。

四、钻孔垂直度不符合规范要求

（一）主要原因

（1）场地平整度和密实度差，钻机安装不平整或钻进过程发生不均匀沉降，导致钻孔偏斜。

（2）钻杆弯曲、钻杆接头间隙太大，造成钻孔偏斜。

（3）钻头翼板磨损不一，钻头受力不均，造成偏离钻进方向。

（4）钻进中遇软硬土层交界面或倾斜岩面时，钻压过高使钻头受力不均，造成偏离钻进方向。

（二）控制钻孔垂直度的主要技术措施

（1）压实、平整施工场地。

（2）安装钻机时应严格检查钻机的平整度和主动钻杆的垂直度，钻进过程中应定时检查主动钻杆的垂直度，发现偏差立即调整。

（3）定期检查钻头、钻杆、钻杆接头，发现问题及时维修或更换。

（4）在软硬土层交界面或倾斜岩面处钻进，应低速、低钻压钻进。发现钻孔偏斜，应及时回填黏土，冲平后再低速、低钻压钻进。

（5）在复杂地层钻进，必要时在钻杆上加设扶正器。

五、塌孔与缩径

（一）主要原因

塌孔与缩径产生的原因基本相同，主要是地层复杂、钻进速度过快、护壁泥浆性能差、成孔后放置时间过长没有灌注混凝土等原因所致。

（二）预防措施

钻（冲）孔灌注桩穿过较厚的砂层、砾石层时，成孔速度应控制在2m/h以内，泥浆

性能主要控制其密度为 1.3～1.4g/cm^3、黏度为 20～30s、含砂率不大于 6%，若孔内自然造浆不能满足以上要求时，可采用加黏土粉、烧碱、木质素的方法，改善泥浆的性能，通过对泥浆的除砂处理，可控制泥浆的密度和含砂率。没有特殊原因，钢筋骨架安装后应立即灌注混凝土。

六、桩端持力层判别错误

持力层判别是钻孔桩成败的关键，现场施工必须给予足够的重视。对于非岩石类持力层，判断比较容易，可根据地质资料，结合现场取样进行综合判定。

对于桩端持力层为强风化岩或中风化岩的桩，判定岩层界面难度较大，可采用以地质资料的深度为基础，结合钻机受力、主动钻杆抖动情况和孔口捞样来综合判定，必要时进行原位取芯验证。

七、孔底沉渣过厚或灌注混凝土前孔内泥浆含砂量过大

孔底沉渣过厚除清孔泥浆质量差，清孔无法达到设计要求外，还有测量方法不当造成误判。要准确测量孔底沉渣厚度，首先需准确测量桩的终孔深度，应采用丈量钻杆长度的方法测定，取"孔内钻杆长度＋钻头长度"，钻头长度取至钻尖的 2/3 处。

在含粗砂、砾砂和卵石的地层钻孔，有条件时应优先采用泵吸反循环清孔。当采用正循环清孔时，前阶段应采用高黏度浓浆清孔，并加大泥浆泵的流量，使砂石粒能顺利地浮出孔口。孔底沉渣厚度符合设计要求后，应把孔内泥浆密度降至 1.15～1.20g/cm^3。清孔整个过程应专人负责孔口捞渣和测量孔底沉渣厚度，及时对孔内泥浆含砂率和孔底沉渣厚度的变化进行分析，若出现清孔前期孔口泥浆含砂量过低，捞不到粗砂粒，或后期把孔内泥浆密度降低后，孔底沉渣厚度增大较多，则说明前期清孔时泥浆的黏度和稠度偏小，砂粒悬浮在孔内泥浆里，没有真正达到清孔的目的，施工时应特别注意这种情况。

八、水下混凝土灌注和桩身混凝土质量问题

混凝土质量关系到混凝土灌注过程是否顺利和桩身混凝土质量两大方面。要配制出高质量的混凝土，首先要设计好配合比和做好现场试配工作，采用高强度水泥时，应注意混凝土的初凝和终凝时间与单桩灌注时间的关系，必要时添加缓凝剂。施工现场应严格控制好配合比（特别是水胶比）和搅拌时间。掌握好混凝土的和易性及其坍落度，防止混凝土在灌注过程中发生离析和堵管。

（一）初灌时埋管深度达不到规范要求

规范规定，灌注导管底端至孔底的距离应为 0.3～0.5m，初灌时导管首次埋深应不小于 1.0m。在计算混凝土的初灌量时，除计算桩长所需的混凝土量外，还应计算导管内积存的混凝土量。

首批灌注混凝土所需数量可按下式计算：

$$V \geq h_1 \pi d^2/4 + \pi D^2(H_1 + H_2)/4 \qquad (1K420101\text{-}1)$$

式中　V——灌注首批混凝土所需数量（m^3）；

D——桩孔直径（m）；

H_1——桩孔底至导管底端间距，一般为 0.4m；

H_2——导管初次埋入混凝土的深度，不小于 1.0m；

d——导管内径（m）；

h_1——桩孔内混凝土达到埋置深度 H_2 时，导管内混凝土柱平衡导管外（或泥浆）

压力所需的高度（m）：$h_1 = H_w\gamma_w/\gamma_c$；

H_w——桩孔内水或泥浆的深度（m）；

γ_w——桩孔内水或泥浆的重力密度（kN/m^3）；

γ_c——混凝土拌合物的重力密度（kN/m^3）。

（二）灌注混凝土时堵管

（1）灌注混凝土时发生堵管主要是由灌注导管破漏、灌注导管底距孔底深度太小、完成二次清孔后灌注混凝土的准备时间太长、隔水栓不规范、混凝土配制质量差、灌注过程中灌注导管埋深过大等原因引起。

（2）灌注导管在安装前应有专人负责检查，可采用肉眼观察和敲打听声相结合的方法进行，检查项目主要有灌注导管是否存在孔洞和裂缝、接头是否密封、厚度是否合格。

（3）灌注导管使用前应进行水密承压和接头抗拉试验，严禁用气压。进行水密试验的水压不应小于孔内水深 1.5 倍的压力。

$$p = \gamma_c h_c - \gamma_w H_w \qquad (1K420101\text{-}2)$$

式中 γ_c——混凝土拌合物的重力密度（kN/m^3）；

h_c——导管内混凝土柱最大高度（m），以导管全长或预计的最大高度计；

γ_w——桩孔内水或泥浆的重力密度（kN/m^3）；

H_w——桩孔内水或泥浆的深度（m）。

（4）隔水栓应认真细致制作，其直径和椭圆度应符合使用要求。

（5）完成第二次清孔后，应立即开始灌注混凝土，若因故推迟灌注混凝土，应重新进行清孔，否则，可能造成孔内泥浆悬浮的砂粒下沉而使孔底沉渣过厚，并导致隔水栓无法正常工作而发生堵管事故。

（三）灌注混凝土过程中钢筋骨架上浮

1. 主要原因

（1）混凝土初凝和终凝时间太短，使孔内混凝土过早结块，当混凝土面上升至钢筋骨架底时，结块的混凝土托起钢筋骨架。

（2）清孔时孔内泥浆悬浮的砂粒太多，混凝土灌注过程中砂粒回沉在混凝土面上，形成较密实的砂层，并随孔内混凝土逐渐升高，当砂层上升至钢筋骨架底部时托起钢筋骨架。

（3）混凝土灌注至钢筋骨架底部时，灌注速度太快，造成钢筋骨架上浮。

2. 预防措施

除认真清孔外，当灌注的混凝土面距钢筋骨架底部 1m 左右时，应降低灌注速度。当混凝土面上升到骨架底口 4m 以上时，提升导管，使导管底口高于骨架底部 2m 以上，然后恢复正常灌注速度。

（四）桩身混凝土强度低或混凝土离析

主要原因是施工现场混凝土配合比控制不严、搅拌时间不够和水泥质量差。预防措施：严格把好进厂水泥的质量关，控制好施工现场混凝土配合比，掌握好搅拌时间和混凝土的和易性。

（五）桩身混凝土夹渣或断桩

1. 主要原因

（1）初灌混凝土量不够，造成初灌后埋管深度太小或导管根本就没有进入混凝土。

（2）混凝土灌注过程拔管长度控制不准，导管拔出混凝土面。

（3）混凝土初凝和终凝时间太短，或灌注时间太长，使混凝土上部结块，造成桩身混凝土夹渣。

（4）清孔时孔内泥浆悬浮的砂粒太多，混凝土灌注过程中砂粒回沉在混凝土面上，形成沉积砂层，阻碍混凝土的正常上升，当混凝土冲破沉积砂层时，部分砂粒及浮渣被包入混凝土内，严重时可能造成堵管事故，导致混凝土灌注中断。

2. 预防办法

混凝土灌注过程中拔管应有专人负责指挥，并分别采用理论灌入量计算孔内混凝土面和重锤实测孔内混凝土面，取两者的低值来控制拔管长度，确保导管的埋置深度控制在2～6m。单桩混凝土灌注时间宜控制在1.5倍混凝土初凝时间内。

（六）桩顶混凝土不密实或强度达不到设计要求

主要原因是超灌高度不够、混凝土浮浆太多、孔内混凝土面测定不准。

根据《城市桥梁工程施工与质量验收规范》CJJ 2—2008中相关规定，桩顶混凝土灌注完成后应高出设计标高0.5～1m。

对于大体积混凝土的桩，桩顶10m内的混凝土还应适当调整配合比，增大碎石含量，减少桩顶浮浆。在灌注最后阶段，孔内混凝土面测定应采用硬杆筒式取样法测定。

九、混凝土灌注过程因故中断

混凝土灌注过程中断的原因较多，在采取抢救措施后仍无法恢复正常灌注的情况下，可采用如下方法进行处理：

（1）若刚开灌不久，孔内混凝土较少，可拔起导管和吊起钢筋骨架，重新钻孔至原孔底，安装钢筋骨架和清孔后再开始灌注混凝土。

（2）迅速拔出导管，清理导管内积存混凝土和检查导管后，重新安装导管和隔水栓，然后按初灌的方法灌注混凝土，待隔水栓完全排出导管后，立即将导管插入原混凝土内，此后便可按正常的灌注方法继续灌注混凝土。此法的处理过程必须在混凝土的初凝时间内完成。

1K420102 大体积混凝土浇筑施工质量检查与验收

一、控制混凝土裂缝

（一）裂缝分类

大体积混凝土出现的裂缝按深度不同，分为表面裂缝、深层裂缝和贯穿裂缝三种：

（1）表面裂缝主要是温度裂缝，一般危害性较小，但影响外观质量。

（2）深层裂缝部分地切断了结构断面，对结构耐久性产生一定危害。

（3）贯穿裂缝是由混凝土表面裂缝发展为深层裂缝，最终形成贯穿裂缝；它切断了结构的断面，可能破坏结构的整体性和稳定性，危害性较为严重。

（二）裂缝发生原因

1. 水泥水化热影响

水泥在水化过程中产生了大量的热量，因而使混凝土内部的温度升高，当混凝土内部与表面温差过大时，就会产生温度应力和温度变形。温度应力与温差成正比，温差越大，温度应力就越大，当温度应力超过混凝土内外的约束力时，就会产生裂缝。混凝土

内部的温度与混凝土的厚度及水泥用量有关，混凝土越厚，水泥用量越大，内部温度越高。

2. 内外约束条件的影响

混凝土在早期温度上升时，产生的膨胀受到约束而形成压应力。当温度下降，则产生较大的拉应力。另外，混凝土内部由于水泥的水化热而形成中心温度高，热膨胀大，因而在中心区产生压应力，在表面产生拉应力。若拉应力超过混凝土的抗拉强度，混凝土将会产生裂缝。

3. 外界气温变化的影响

大体积混凝土在施工阶段，常受外界气温的影响。混凝土内部温度是由水泥水化热引起的绝热温度、浇筑温度和散热温度三者的叠加。当气温下降，特别是气温骤降，会大大增加外层混凝土与混凝土内部的温度梯度，产生温差和温度应力，使混凝土产生裂缝。

4. 混凝土的收缩变形

混凝土中 80% 的水分要蒸发，只有约 20% 的水分是水泥硬化所必需的。而最初失去的 30% 自由水分几乎不引起收缩，随着混凝土的陆续干燥而使 20% 的吸附水逸出，就会出现干燥收缩，而表面干燥收缩快，中心干燥收缩慢。由于表面的干缩受到中心部位混凝土的约束，因而会在表面产生拉应力并导致裂缝。在设计上，混凝土表层布设抗裂钢筋网片，可有效地防止混凝土收缩时产生干裂。

5. 混凝土的沉陷裂缝

支架、支撑变形下沉会引发结构裂缝，过早拆除模板支架易使未达到强度的混凝土结构发生裂缝和破损。

二、质量控制要点

（一）大体积混凝土施工组织设计，应包括下列主要内容

（1）大体积混凝土浇筑体温度应力和收缩应力计算结果。

（2）施工阶段主要抗裂构造措施和温控指标的确定。

（3）原材料优选、配合比设计、制备与运输计划。

（4）主要施工设备和现场总平面布置。

（5）温控监测设备和测试布置图。

（6）浇筑顺序和施工进度计划。

（7）保温和保湿养护方法。

（8）应急预案和应急保障措施。

（9）特殊部位和特殊气候条件下的施工措施。

（二）控制非沉陷裂缝的产生

防止混凝土非沉陷裂缝的关键是混凝土浇筑过程中温度和混凝土内外部温差控制（温度控制）。温度控制就是对混凝土的浇筑温度和混凝土内部的最高温度进行人为的控制。施工前应进行热工计算，施工措施应符合《大体积混凝土施工标准》GB 50496—2018 的有关规定。

（三）质量控制主要措施

1. 优化混凝土配合比

（1）大体积混凝土因其水泥水化热的大量积聚，易使混凝土内外形成较大的温差，而产生温差应力，因此应选用水化热低的通用硅酸盐水泥，以降低水泥水化所产生的热量，从而控制大体积混凝土的温度升高。

（2）充分利用混凝土的中后期强度，尽可能降低水泥用量。

（3）严格控制集料的级配及其含泥量。如果含泥量大的话，不仅会增加混凝土的收缩，而且会引起混凝土抗拉强度的降低，对混凝土抗裂不利。

（4）选用合适的缓凝、减水等外加剂，以改善混凝土的性能。加入外加剂后，可延长混凝土的凝结时间。

（5）控制好混凝土坍落度，不宜大于 180mm。

2. 浇筑与振捣措施

（1）大体积混凝土浇筑应符合下列规定：

1）混凝土浇筑层厚度应根据所用振捣器作用深度及混凝土的和易性确定，整体连续浇筑时宜为 300～500mm，振捣时应避免过振和漏振。

2）整体分层连续浇筑或推移式连续浇筑，应缩短间歇时间，并应在前层混凝土初凝之前将次层混凝土浇筑完毕。层间间歇时间不应大于混凝土初凝时间。混凝土初凝时间应通过试验确定。当层间间歇时间超过混凝土初凝时间时，层面应按施工缝处理。

3）混凝土的浇灌应连续、有序，宜减少施工缝。

4）混凝土宜采用泵送方式和二次振捣工艺。

5）混凝土入模温度宜控制在 5～30℃。

（2）当采取分层间歇浇筑混凝土时，水平施工缝的处理应符合下列规定：

1）在已硬化的混凝土表面，应清除表面的浮浆、松动的石子及软弱混凝土层。

2）在上层混凝土浇筑前，应采用清水冲洗混凝土表面的污物，并应充分润湿，但不得有积水。

3）新浇筑混凝土应振捣密实，并应与先期浇筑的混凝土紧密结合。

（3）大体积混凝土底板与侧墙相连接的施工缝，当有防水要求时，宜采取钢板止水带等处理措施。

（4）在大体积混凝土浇筑过程中，应采取措施防止受力钢筋、定位筋、预埋件等移位和变形，并应及时清除混凝土表面泌水。

（5）应及时对大体积混凝土浇筑面进行多次抹压处理。

3. 养护措施

大体积混凝土养护的关键是保持适宜的温度和湿度，以便控制混凝土内外温差，在促进混凝土强度正常发展的同时防止混凝土裂缝的产生和发展。大体积混凝土的养护，不仅要满足强度增长的需要，还应通过温度控制，防止因温度变形引起混凝土开裂。

混凝土养护阶段的温度控制措施：

（1）混凝土浇筑完毕后，在初凝前宜立即进行覆盖或喷雾养护工作。

（2）应专人负责温度控制养护工作。

（3）大体积混凝土浇筑体内监测点布置，应能反映混凝土浇筑体内最高温升、里表温差、降温速率及环境温度，做好测温记录，发现监测结果异常时应及时采取相应措施。

（4）混凝土拆模时，混凝土的表面温度与中心温度之间、表面温度与环境温度之间的温差不超过20℃。

（5）采用内部降温法来降低混凝土内外温差。内部降温法是在混凝土内部预埋水管，通入冷却水，降低混凝土内部最高温度。冷却在混凝土刚浇筑完时就开始进行。

（6）保温法是在结构外露的混凝土表面以及模板外侧覆盖保温材料（如塑料薄膜、土工布、麻袋、阻燃保温被等），在缓慢散热的过程中，减少混凝土的内外温差。根据工程的具体情况，尽可能延长养护时间，拆模后立即回填或再覆盖保护，同时预防近期骤冷气候影响，防止混凝土早期和中期裂缝。

（7）大体积混凝土保湿养护时间不宜少于14d，应经常检查塑料薄膜或养护剂涂层的完整情况，并应保持混凝土表面湿润。

（8）保温覆盖层拆除应分层逐步进行，当混凝土表面温度与环境最大温差小于20℃时，可全部拆除。

1K420103　预应力张拉施工质量事故预防措施

一、基本规定

（一）人员控制

（1）承担预应力施工的单位应具有相应的施工资质。

（2）预应力张拉施工应由工程项目技术负责人主持。

（3）张拉作业人员应经培训考核，合格后方可上岗。

（二）设备控制

（1）张拉设备和压力表的检定期限不得超过半年，且不得超过200次张拉作业。

（2）张拉设备和压力表应配套检定，配套使用。

二、准备阶段质量控制

（一）预应力施工

应按设计要求，编制专项施工方案和作业指导书，并按相关规定审批。

（二）预应力筋进场检验

（1）外观检验：预应力筋展开后应平顺，不得有弯折，表面不应有裂纹、小刺、机械损伤、氧化铁皮和油污等。

（2）根据《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224—2014规定，按进场的批次抽样进行力学性能等检验，并检查产品合格证、出厂检验报告和进场试验报告。

（3）进场检验批和项目的规定，详见本书1K412015条。

（三）预应力用锚具、夹具和连接器进场检验

（1）外观检验：核对数量、型号及相应配件。锚具应无锈蚀、机械损伤和裂纹等，尺寸满足允许偏差要求。

（2）按照相关规范规定，按进场的批次抽样复验其硬度、静载锚固试验等，并检查产品合格证、出厂检验报告和进场试验报告。

（3）进场检验批和项目的规定，详见本书1K412015条。

（四）管道进厂检验

（1）金属螺旋管外观检查应无锈蚀、空洞和不规则皱褶，无咬口开裂、脱扣等现象。

（2）塑料波纹管内壁应光滑，壁厚均匀，且不应有气泡、裂口、分解变色线及明显杂质。

三、施工过程控制要点

（一）下料与安装

（1）预应力筋及孔道的品种、规格、数量必须符合设计要求。

（2）预应力筋下料长度应经计算，并考虑模具尺寸及张拉千斤顶所需长度；严禁使用电弧焊切割。

（3）锚垫板和螺旋筋安装位置应准确，保证预应力筋与锚垫板面垂直。锚板受力中心应与预应力筋合力中心一致。

（4）管道安装应严格按照设计要求确定位置，曲线平滑、平顺；架立筋应绑扎牢固，管道接头应严密不得漏浆。管道应留压浆孔和溢浆孔。

（5）预应力筋及管道安装应避免电焊火花等造成损伤。

（6）预应力筋穿束宜用卷扬机整束牵引，应依据具体情况采用先穿法或后穿法，但必须保证预应力筋平顺，没有扭绞现象。

（二）张拉与锚固

（1）张拉时，混凝土强度、张拉顺序和工艺应符合设计要求和相关规范规定。

（2）张拉前应根据设计要求对孔道的摩阻损失进行实测，以便确定张拉控制应力，并确定预应力筋的理论伸长值。

（3）张拉应保证逐渐加大拉力，不得突然加大拉力，以保证应力正确传递。预应力筋张拉后应可靠锚固且不应有断筋、断丝或滑丝。

（4）张拉施工质量控制应做到“六不张拉”，即：没有预应力筋出厂材料合格证，预应力筋规格不符合设计要求，配套件不符合设计要求，张拉前交底不清，准备工作不充分、安全设施未做好，混凝土强度达不到设计要求，不张拉。

（5）张拉控制应力达到稳定后方可锚固，锚固后预应力筋的外露长度不宜小于30mm，对锚具应采用封端混凝土保护，当需较长时间外露时，应采取防锈蚀措施。锚固完毕经检验合格后，方可切割端头多余的预应力筋，严禁使用电弧焊切割。

（三）压浆与封锚

（1）张拉后，应及时进行孔道压浆，宜采用真空辅助法压浆，并使孔道真空负压稳定保持在0.08～0.1MPa；水泥浆的强度应符合设计要求，且不得低于30MPa。

（2）压浆时排气孔、排水孔应有水泥浓浆溢出。应从检查孔抽查压浆的密实情况，如有不实，应及时处理。

（3）孔道灌浆应填写灌浆记录。

（4）压浆过程中及压浆后48h内，结构混凝土的温度不得低于5℃。当白天气温高于35℃时，压浆宜在夜间进行。

（5）压浆后应及时浇筑封锚混凝土。封锚混凝土的强度应符合设计要求，不宜低于结构混凝土强度等级的80%，且不得低于30MPa。

1K420104 钢管混凝土浇筑施工质量检查与验收

城市桥梁施工中常见的钢管混凝土结构有钢管柱和钢管拱。

一、钢管混凝土施工质量控制

（一）质量标准

（1）钢管（钢管柱和钢管拱）内混凝土浇筑的施工质量是验收主控项目。

（2）钢管内混凝土应饱满，管壁与混凝土紧密结合，混凝土强度应符合设计要求。

（3）检验方法：观察出浆孔混凝土溢出情况，检查超声波检测报告，检查混凝土试件试验报告。

（二）基本规定

（1）钢管上应设置混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔等。

（2）钢管混凝土应具有低泡、大流动性、补偿收缩、延缓初凝和早强的性能。

（3）混凝土浇筑泵送顺序应按设计要求进行，宜先钢管后腹箱。

（4）钢管混凝土的质量检测应以超声波检测为主，人工敲击为辅。

二、钢管柱混凝土浇筑

（1）钢管柱具有加工简单、重量轻、便于吊装、安装方便等特点，在城市桥梁工程和轻轨交通工程中被广泛用作钢管墩柱。

（2）钢管柱内混凝土的浇筑与水平结构混凝土施工基本相同，一层一浇筑，施工时钢管上的端口既作为混凝土入口又作为振捣口。

（3）混凝土宜连续浇筑，一次完成。

（4）终凝后应清除钢管柱内上部混凝土浮浆，然后焊接临时端口。

三、钢管拱混凝土浇筑

（一）准备工作

（1）应检查混凝土压注孔、倒流截止阀、排气孔等，保证通畅。

（2）应清洗管拱内污物，并润湿管壁。

（3）应按设计要求，确定浇筑顺序。

（二）浇筑作业

（1）应采用泵送顶升压注施工，由两拱脚至拱顶对称均衡地连续压注一次完成。

（2）应先泵入适量水泥浆再压注混凝土，直至钢管顶端排气孔排出合格的混凝土停止。压注混凝土完成后应关闭倒流截止阀。

（3）大跨径拱肋钢管混凝土应根据设计加载程序，分环、分段并隔仓由拱脚向拱顶对称均衡压注。压注过程中拱肋变位不得超过设计要求。

（4）钢管混凝土的泵送顺序宜先钢管后腹箱。

（5）应按照施工方案进行钢管混凝土养护。

1K420105 箱梁混凝土浇筑施工质量检查与验收

模板、支架设计、制作、安装与拆除相关要求见本书 1K412012 条。

钢筋、混凝土、预应力混凝土相关要求见本书 1K412013 条、1K412014 条、1K412015 条。

现浇预应力（钢筋）混凝土连续梁施工技术相关要求见本书 1K412032 条。

一、模板、支架和拱架

（一）主控项目

（1）模板、支架和拱架制作及安装应符合施工设计图（施工方案）的规定，且稳固牢

靠，接缝严密，立柱基础有足够的支撑面和排水、防冻融措施。

（2）检查数量：全数检查。

（3）检验方法：观察和用钢尺量。

（二）一般项目

（1）木模板制作检查项目：模板的长度、宽度、相邻模板表面高低差、模板表面局部不平、榫槽嵌接紧密度。

（2）钢模板制作检查项目：模板的长度、宽度、肋高、面板端偏斜、连接配件的孔眼位置、板面局部不平、板面和板侧挠度。

（3）模板、支架和拱架安装检查项目：模板相邻两板表面高低差、模板表面平整度、模板垂直度、模内尺寸、轴线偏位、支承面高程、悬浇各梁段底面高程、预埋件、预留孔洞、模板对角线差、梁底模预拱度、模板侧向弯曲、支架和拱架纵轴线的平面偏位、拱架高程。

（4）固定在模板上的预埋件、预留孔内模不得遗漏，且应安装牢固。

二、支架上浇筑箱梁

（一）主控项目

（1）结构表面不得出现超过设计规定的受力裂缝。

（2）检查数量：全数检查。

（3）检验方法：观察或用读数放大镜观测。

（二）一般项目

（1）整体浇筑钢筋混凝土梁、板检查项目：轴线偏位、梁板顶面高程、断面尺寸、长度、横坡、平整度。

（2）结构表面应无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和宽度超过 0.15mm 的收缩裂缝。

三、悬臂浇筑

（一）主控项目

（1）悬臂浇筑必须对称进行，桥墩两侧平衡偏差不得大于设计规定，轴线挠度必须在设计规定范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：检查监控量测记录。

（2）梁体表面不得出现超过设计规定的受力裂缝。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察或用读数放大镜观测。

（3）悬臂合龙时，两侧梁体的高差必须在设计规定允许范围内。

检查数量：全数检查。

检验方法：用水准仪测量，检查测量记录。

（二）一般项目

（1）悬臂浇筑预应力混凝土梁检查项目：轴线偏位、顶面高程、断面尺寸、合龙后同跨对称点高程差、横坡、平整度。

（2）梁体线形平顺，相邻梁段接缝处无明显折弯和错台，梁体表面无孔洞、露筋、蜂窝、麻面和宽度超过 0.15mm 收缩裂缝。

1K420110　城市轨道交通工程质量检查与验收

1K420111　地铁车站工程施工质量检查与验收

一、质量控制原则

（1）工程开工前，必须根据设计文件经现场调查后，编制施工组织设计、进行质量策划，批准后组织实施。

（2）工程施工应以批准后的设计文件为依据，如需修改，应取得设计单位同意并签署设计变更或洽商记录后方可实施。

（3）采用的原材料、预制品、设备等，应符合国家现行的有关技术标准规定。产品应有合格证和出厂质量证明文件，设备应有使用说明书并附有铭牌。

（4）采用和推广经鉴定并批准的新技术、新工艺、新材料、新设备等，应制定相应的施工技术标准。引进的设备，应按其技术文件要求施工。

二、明挖法施工质量控制与验收

（一）基坑开挖施工

（1）确保围护结构位置、尺寸、稳定性。

（2）土方必须自上而下分层、分段依次开挖，钢筋网片安装及喷射混凝土紧跟开挖流水段，及时施加支撑或锚杆。开挖至邻近基底200mm时，应人工配合清底，不得超挖或扰动基底土。基底经勘察、设计、监理、施工单位验收合格后，应及时施工混凝土垫层。

（3）基坑开挖应对下列项目进行中间验收：

1）基坑平面位置、宽度、高程、平整度、地质描述。

2）基坑降水。

3）基坑放坡开挖的坡度和围护桩及连续墙支护的稳定情况。

4）地下管线的悬吊和基坑便桥稳固情况。

（二）结构施工

（1）混凝土结构施工前，施工单位应制定检测和试验计划，并应经监理单位批准后实施。

（2）模板及支架应根据安装、使用及拆除工况进行设计，并满足承载力、刚度、整体稳固性要求。

（3）钢筋进场时应抽取试件做力学性能和工艺性能试验；钢筋安装时，受力钢筋的牌号、规格和数量必须符合设计要求，当需要进行钢筋代换时，应办理设计变更文件；预埋件、预留孔洞应位置准确并安装牢固。

（4）混凝土强度分检验批检验评定，划入同一检验批的混凝土，其施工持续时间不宜超过3个月。用于检验混凝土强度的试件应在浇筑地点随机抽取。

（5）首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定，其原材料、强度、凝结时间、稠度等应满足设计配合比要求。

（6）浇筑混凝土前应清除模内杂物，隐蔽工程验收合格后，方可灌注混凝土。混凝土灌注地点应采取防止暴晒和雨淋措施。

（7）底板混凝土应沿线路方向分层留台阶灌注，灌注至高程初凝前，应用表面振捣器振捣一遍后抹面；墙体混凝土左右对称、水平、分层连续灌注，至顶板交界处间歇1～1.5h，然后再灌注顶板混凝土；顶板混凝土连续水平、分台阶由边墙、中墙分别向结构中间方向灌注。灌注至高程初凝前，应用表面振捣器振捣一遍后抹面；混凝土柱可单独施工，并应水平、分层灌注。

（8）混凝土终凝后及时养护，垫层混凝土养护期不得少于7d，结构混凝土养护期不得少于14d。

（9）应落实防水层基面的查验、每层防水层铺贴的查验，保护层施工的查验，结构混凝土浇筑前的模板支搭查验、钢筋加工的查验，隐蔽前的查验。

（三）基坑回填

（1）基坑回填料不应使用淤泥、粉砂、杂土、有机质含量大于8%的腐殖土、过湿土、冻土和大于150mm粒径的石块，并应符合设计文件要求。

（2）基坑回填质量验收的主控项目有：

1）基坑回填土的土质、含水率应符合设计文件要求。

2）基坑回填宜分层、水平机械压实，压实后的厚度应根据压实机械确定，且不应大于0.3m；结构两侧应水平、对称同时填压；基坑分段回填接槎处，已填土坡应挖台阶，其宽度不应小于1.0m，高度不应大于0.5m。

3）基坑位于道路下方时，基坑回填碾压密实度应符合《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1—2008的规定。

（四）主体结构防水施工

（1）防水采用的原材料、配件等应符合设计要求，并有出厂合格证，经检验符合要求后方可使用。

（2）防水卷材铺贴的基层面应符合以下规定：

1）基层面应干燥、洁净。

2）基层面必须坚实、平整，其平整度允许偏差为3mm，且每米范围内不多于一处。

3）基层面阴、阳角处应做成100mm圆弧或50mm×50mm钝角。

4）保护墙找平层采用水泥砂浆抹面，其配合比为1：3，厚度为15～20mm。

5）基层面应干燥，含水率不宜大于9%。

（3）结构底板防水卷材先铺平面，后铺立面，交接处应交叉搭接；卷材从平面折向立面铺贴时，与永久保护墙粘贴应严密，与临时保护墙应临时贴附于墙上。

（4）卷材防水层采用满粘法施工时，搭接允许宽度值为80mm；采用空铺法、点粘法、条粘法施工时，搭接允许宽度值为100mm。

（5）防水卷材在以下部位必须铺设附加层，其尺寸应符合以下规定：

1）阴阳角处：500mm幅宽。

2）变形缝处：600mm幅宽，并上下各设一层。

3）穿墙管周围：300mm幅宽，150mm长。

（6）底板底部防水卷材与基层面应按设计确定采用点粘法、条粘法或满粘法粘贴；立面和顶板的卷材与基层面、附加层与基层面、附加层与卷材及卷材之间必须全粘贴。

（7）结构顶板采用涂膜防水层时，防水基层面必须坚实、平整、清洁，不得有渗水、

结露、凸角、凹坑及起砂现象。涂膜防水层施工前应先在基层面上涂一层基层处理剂。

（8）涂膜防水层涂料应分层涂布，并在前层干燥后方可涂布后一层，过程中检查涂膜厚度应符合设计要求。每层涂料应顺向均匀涂布，且前、后层方向应垂直，分片涂布的片与片之间应搭接 80～100mm。

（五）特殊部位防水处理

（1）结构变形缝处止水带宽度和材质的物理性能均应符合设计要求，且无裂纹和气泡。

（2）结构变形缝处的端头模板应钉填缝板，填缝板与嵌入式止水带中心线应和变形缝中心线重合，并用模板固定牢固。止水带不得穿孔或用铁钉固定。留置垂直施工缝时，端头模板不设填缝板。

（3）结构变形缝处设置嵌入式止水带时，混凝土灌注应符合以下规定：

1）灌注前应校正止水带位置，表面清理干净，止水带损坏处应修补。

2）顶、底板结构止水带的下侧混凝土应振实，将止水带压紧后方可继续灌注混凝土。

3）边墙处止水带必须牢固固定，内外侧混凝土应均匀、水平灌注，保持止水带位置正确、平直、无卷曲现象。

（4）结构外墙穿墙管处防水施工应符合以下规定：

1）穿墙管止水环和翼环应与主管连续满焊，并做防腐处理。

2）穿墙管处防水层施工前，应将翼环和管道表面清理干净。

3）预埋防水套管内的管道安装完毕，应在两管间嵌防水填料，内侧用法兰压紧，外侧铺贴防水层。

4）每层防水层应铺贴严密，不留接槎，增设附加层时，应按设计要求施工。

1K420112 喷锚支护施工质量检查与验收

喷锚支护法施工质量检查与验收分为开挖、初期支护、防水、二次衬砌四个环节。

一、施工准备阶段质量控制

（一）踏勘调研

（1）施工前施工管理人员必须全面学习、熟悉和审查施工图纸及其有关设计资料，研究现场条件、各分项工程及工程结构形式特点，熟悉地质、水文等勘察资料。

（2）调查研究、收集有关资料：包括社会调查、自然调查、地上地下构筑物调查、技术经济条件调查。重点是掌握地上（下）建（构）筑物的详细资料。

（3）根据补充调查和收集的资料，制定工程施工方案，特别是开挖和支护步序设计，并确定质量控制重点目标。

（二）质量保证计划

（1）施工前，施工管理人员进行踏勘调研，由项目负责人组织编制施工组织设计，评估作业难易程度及质量风险，制定质量保证计划。

（2）对关键部位、特殊工艺、危险性较大分项工程分别编制专项施工方案和质量保证措施。

1）危险性较大分部分项工程专项方案和降水排水方案必须考虑其影响范围内的建（构）筑物的影响和安全，并应通过专家论证。

2）工作井施工方案，包括马头门细部结构和超前加固措施。

3）隧道施工方案，主要包括土方开挖、衬砌结构、防水结构等。

二、土方开挖、初期支护施工质量控制

（一）土方开挖

（1）宜用激光准直仪控制中线和隧道断面仪控制外轮廓线。

（2）按设计要求确定开挖方式，经试验选择开挖步序。

（3）每开挖一榀钢拱架的间距，应及时架设支护、喷锚，形成闭合；严禁超挖。

（4）在稳定性差的地层中停止开挖，或停止作业时间较长时，应及时喷射混凝土封闭开挖面。

（5）相向开挖的两个开挖面相距约2倍管（隧）径时，应停止一个开挖面作业，进行封闭，由另一开挖面作贯通开挖。

（二）初期支护施工

（1）按设计要求设置变形缝。

（2）支护钢格栅以及钢筋网的加工、安装符合设计要求。安装前应除锈，并抽样进行首件试拼装，合格后方可使用。

（3）喷射混凝土前准备工作：

1）钢格栅及钢筋网安装检查合格。

2）埋设控制喷射混凝土厚度的标志。

3）检查开挖断面尺寸，清除松动的浮石、土块和杂物。

4）作业区的通风、照明设置符合规定。

5）做好排水、降水；疏干地层的积、渗水。

（4）喷射混凝土施工：

1）喷射作业分段、分层进行，喷射顺序由下而上。

2）喷头应保证垂直于工作面，喷头距工作面不宜大于1m。

3）一次喷射混凝土的厚度参见表1K413044；分层喷射时，应在前一层混凝土终凝后进行。

4）钢筋网的喷射混凝土保护层不应小于20mm。

5）喷射混凝土终凝2h后进行养护，时间不小于14d；气温低于5℃不得喷水养护。

三、防水、二次衬砌施工质量控制

（一）防水层施工

（1）应在初期支护基本稳定且衬砌检查合格后进行。

（2）清理混凝土表面，剔除尖、突部位并用水泥砂浆压实、找平，防水层铺设基面凹凸高差不应大于50mm，基面阴阳角应处理成圆角或钝角，圆弧半径不宜小于100mm。

（3）衬垫材料应直顺，用垫圈固定，钉牢在基面上；固定衬垫的垫圈，应与防水卷材同材质，并焊接牢固；衬垫固定时宜交错布置，间距应符合设计要求；固定钉距防水卷材外边缘的距离不应小于0.5m；衬垫材料搭接宽度不宜小于500mm。

（4）防水卷材固定在初期衬砌面上；采用软塑料类防水卷材时，宜采用热焊固定在垫圈上。

（5）采用专用热合机焊接，焊缝应均匀连续；双焊缝搭接的焊缝宽不应小于10mm；

焊缝不得有漏焊、假焊、焊焦、焊穿等现象；焊缝应经充气试验合格：气压 0.15MPa，经过 3min 其下降值不大于 20%。

（二）二次衬砌施工

（1）结构变形基本稳定的条件下施作；变形缝应根据设计设置，并与初期支护变形缝位置重合；止水带安装应在两侧加设支撑筋，并固定牢固，浇筑混凝土时不得有移动位置、卷边、跑灰等现象。

（2）模板施工质量保证措施：

1）模板和支架的强度、刚度和稳定性应满足设计要求，使用前应经过检查，重复使用时应检查、修整。

2）拱部模板支架预留沉落量为 10～30mm。

3）模板接缝拼接严密，不得漏浆。

4）变形缝端头模板处的填缝中心应与初期支护变形缝位置重合，端头模板支设应垂直、牢固。

（3）混凝土浇筑质量保证措施：

1）应按施工方案划分浇筑部位。

2）浇筑前，应对组立模板的外形尺寸、中线、标高、各种预埋件等进行隐蔽工程验收，并填写记录；验收合格后方可进行浇筑。

3）应从下向上浇筑，各部位应对称浇筑、振捣密实，且振捣器不得触及防水层。

4）应采取措施作好施工缝处理。

（4）泵送混凝土质量保证措施：

1）坍落度为：150～180mm。

2）碎石级配，骨料最大粒径不大于 25mm。

3）减水型、缓凝型外加剂，其掺量应经试验确定；掺加防水剂、微膨胀剂时应以动态运转试验控制掺量；严禁在浇筑过程中向混凝土中加水。

4）骨料的含碱量控制符合有关规范规定。

（5）拆模时间应根据结构断面形式及混凝土达到的强度确定；矩形断面顶板应达到 100%。

（6）仰拱混凝土强度达到 5MPa 后人员方可通行，达到设计文件规定强度的 100% 后车辆方可通行。

四、质量控制主要措施

1. 进出工作井

（1）按照设计要求，采取大管棚或者超前小导管注浆加固措施。

（2）根据设计给定的暗挖施工步骤，凿除进出位置的工作井支护结构。

（3）在进出位置安放钢拱架并及时喷射混凝土。

2. 减少地面沉降措施

（1）信息化施工——依据监测数据信息反馈，调整设计和施工参数，保证沉降值控制在允许范围。

（2）编制专项施工方案并严格落实——根据实际情况采取地面预注浆、隧道内小导管注浆、衬砌结构背后注浆和超前预加固等措施，控制地层变形在允许范围。

1K420113 盾构法隧道施工质量检查与验收

一、钢筋混凝土管片制作质量控制要点

（一）开工前质量控制

1. 人员、设备基本规定

（1）管片应由具备相应资质等级的厂家制造，制造厂家应有健全的质量管理体系及质量控制和质量检验制度。

（2）制作前应编制施工组织设计或技术方案，并经有关方审查批准。

（3）生产操作人员经培训、考核，合格后方可进行操作。特殊工种应持证上岗。

（4）模具材料符合质量要求；加工精度符合设计要求，并满足管片尺寸与形状要求。

（5）混凝土搅拌、运输、振捣、养护等设备检验符合要求，各种计量器具、设备检定必须在有效期内。

2. 原材料要求

（1）原材料具备质量证明文件，并经检验合格。

（2）宜采用非碱活性骨料；采用碱活性骨料时，混凝土中碱含量的限值应符合《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010（2015 年版）。

（3）预埋件规格和性能符合设计要求。

3. 准备工作

（1）生产线布置符合工艺要求。

（2）模具安装完毕后进行质量验收。

（3）混凝土经试配确定配合比，其性能符合设计要求。

（二）制作过程质量控制

1. 模具

（1）模具安装符合要求后进行试生产，在试生产的管片中，随机抽取 3 环进行水平拼装检验，合格后方可正式生产。

（2）合模前清理模具各部位，隔离剂涂刷应薄而均匀，无积聚、流淌现象；螺栓孔预埋件、中心吊装孔预埋件和模具接触面应密封良好；钢筋骨架和预埋件严禁接触隔离剂。

（3）模具周转 100 次必须进行检验，允许偏差和检验方法符合表 1K420113-1 的规定。

模具允许偏差和检验方法　　表 1K420113-1

项　目	允许偏差（mm）	检验方法	检查数量
宽度	±0.4	内径千分尺	6 点 / 个
弧、弦长	±0.4	样板、塞尺	2 点 / 个，每点 2 次
内腔高度	−1，+2	高度尺	4 点 / 个

2. 钢筋及骨架制作与安装质量要求

（1）混凝土浇筑前，进行钢筋隐蔽工程验收。

（2）钢筋加工允许偏差和检验方法符合表 1K420113-2 的规定。

钢筋加工允许偏差和检验方法　表 1K420113-2

项　目	允许偏差（mm）	检验方法	检查数量
主筋和构造筋长度	±10	钢卷尺	每班同设备生产 15 环同类型骨架抽检不少于 5 根
主筋折弯点位置	±10		
箍筋内净尺寸	±5		

（3）钢筋骨架安装位置的允许偏差和检验方法符合表 1K420113-3 的规定：

钢筋骨架安装位置的允许偏差和检验方法　表 1K420113-3

项　目		允许偏差（mm）	检验方法	检查数量
钢筋骨架	长	+5，−10	钢卷尺	按日生产量的 3% 进行抽检，每日抽检不少于 3 件，且每件不少于 4 点
	宽	+5，−10		
	高	+5，−10		
主筋	间距	±5		
	层距	±5		
	保护层厚度	+5，−3		
箍筋间距		±10		
分布筋间距		±5		

3. 混凝土浇筑

（1）应连续浇筑，浇筑时不得扰动预埋件。

（2）根据生产条件选择适当的振捣方式，振捣应密实，不得漏振或过振。

（3）浇筑成型后，初凝前再次进行压面。

（4）浇筑混凝土时留置的试件符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的规定。

4. 混凝土养护

（1）混凝土浇筑成型后至开模前，应覆盖保湿，可采用蒸汽养护或自然养护。

（2）采用蒸汽养护时，应经试验确定养护制度，并监测温度变化做好记录。

（3）管片出模后宜进行养护。

5. 管片质量控制

（1）按设计要求进行结构性能检验，检验结果符合设计要求。

（2）强度和抗渗等级符合设计要求。

（3）吊装预埋件首次使用前必须进行抗拉拔试验，试验结果符合设计要求。

（4）不应存在露筋、孔洞、疏松、夹渣、有害裂缝、缺棱掉角、飞边等缺陷，麻面面积不大于管片面积的 5%。

（5）日生产每 15 环应抽取 1 块管片进行检验，允许偏差和检验方法符合表 1K420113-4 的规定。

管片允许偏差和检验方法 表 1K420113-4

项 目	允许偏差（mm）	检验方法	检查数量
宽度	±1	卡尺	3 点
弧、弦长	±1	样板、塞尺	3 点
厚度	+3，−1	钢卷尺	3 点

（6）每生产 100 环后应进行水平拼装检验 1 次，其允许偏差和检验方法应符合表 1K420113-5 的规定：

管片水平拼装检验允许偏差和检验方法 表 1K420113-5

项 目	允许偏差（mm）	检验频率	检验方法
环向缝间隙	2	每环测 3 点	插片
纵向缝间隙	2	每条缝测 3 点	插片
成环后内径	±2	测 4 条（不放衬垫）	钢卷尺
成环后外径	±2	测 4 条（不放衬垫）	钢卷尺

6. 管片贮存与运输

（1）贮存场地必须坚实平整。

（2）可采用内弧面向上或单片侧立的方式码放，每层管片之间正确设置垫木，码放高度应经计算确定。

（3）管片运输应采取适当的防护措施。

二、管片拼装质量控制

（一）拼装前质量控制要点

（1）拼装机具验收符合要求。

（2）使用的管片和连接螺栓检验合格。

（3）防水密封条应分批进行抽检，质量符合设计要求，严禁尺寸不符或有质量缺陷。

（二）拼装质量控制要点

（1）管片拼装应按拼装工艺要求逐块顺序进行，并及时连接成环；连接螺栓紧固质量符合设计要求，管片及防水密封条应无破损。

（2）拼装下一环管片前对上一环衬砌环面进行质量检查和确认，并应依据上一环衬砌环姿态、盾构姿态、盾尾间隙等确定管片排序。

（3）在管片拼装过程中，严格控制盾构千斤顶的压力和伸缩量，以保持盾构姿态稳定。

（4）对已拼装成环的衬砌环进行椭圆度抽查，确保拼装精度。

（5）在曲线段拼装管片时，应使各种管片在环向定位准确，隧道轴线符合设计要求。

（6）在特殊位置管片拼装时，应根据特殊管片的设计位置，预先调整好盾构姿态和盾尾间隙，管片拼装符合设计要求。

（三）管片拼装质量验收标准

（1）钢筋混凝土管片不得有内外贯穿裂缝和宽度大于 0.2mm 的裂缝及混凝土剥落

现象。

（2）管片防水密封质量符合设计要求，不得缺损，粘结牢固、平整，防水垫圈不得遗漏。

（3）螺栓质量及拧紧度必须符合设计要求。

（4）管片拼装过程中对隧道轴线和高程进行控制，其允许偏差和检验方法符合表1K420113-6的规定：

隧道轴线和高程允许偏差和检验方法　　表 1K420113-6

检验项目	允许偏差（mm）						检验方法	检验数量	
	地铁隧道	公路隧道	铁路隧道	水工隧道	市政隧道	油气隧道		环数	点数
隧道轴线平面位置	±50	±75	±70	±100	±100	±100	用全站仪测中线	逐环	1点／环
隧道轴线高程	±50	±75	±70	±100	±100（隧道底高程）	±100	用水准仪测高程	逐环	

注：本表中市政隧道包括给水排水隧道、电力隧道等。

（5）管片拼装允许偏差和检验方法符合表1K420113-7的规定：

管片拼装允许偏差和检验方法　　表 1K420113-7

检验项目	允许偏差						检验方法	检验数量	
	地铁隧道	公路隧道	铁路隧道	水工隧道	市政隧道	油气隧道		环数	点数
衬砌环椭圆度（‰）	±5	±6	±6	±8	±5	±6	断面仪、全站仪测量	每10环	—
衬砌环内错台（mm）	5	6	6	8	5	8	尺量	逐环	4点／环
衬砌环间错台（mm）	6	7	7	9	6	9	尺量	逐环	

注：本表中市政隧道包括给水排水隧道、电力隧道等。

（6）当钢筋混凝土管片表面出现缺棱掉角、混凝土剥落、大于0.2mm宽的裂缝或贯穿性裂缝等缺陷时，必须进行修补。修补时，应分析管片破损原因及程度，制定修补方案。修补材料强度不应低于管片强度。

（四）隧道防水质量控制要点

（1）隧道防水以管片自防水为基础，接缝防水为重点，并应对特殊部位进行防水处理，形成完整的防水体系。

（2）接缝防水处理：

1）变形缝、柔性接头等管片接缝防水处理应符合设计要求。

2）采用嵌缝防水材料时，槽缝应清理，并使用专用工具填塞平整、密实。

（3）特殊部位的防水：

1）采用注浆孔进行注浆时，注浆结束后应对注浆孔进行密封防水处理。

2）隧道与工作井、联络通道等附属构筑物的接缝防水处理应按设计要求进行。

1K420120 城市给水排水场站工程质量检查与验收

1K420121 给水排水混凝土构筑物防渗漏措施

一、设计应考虑的主要措施

（1）合理增配构造（钢）筋，提高结构抗裂性能。构造配筋应尽可能采用小直径、小间距。全断面的配筋率不小于0.3%。

（2）避免结构应力集中。避免结构断面突变产生的应力集中，当不能避免断面突变时，应做局部处理，设计成逐渐变化的过渡形式。

（3）按照设计规范要求，设置变形缝或结构单元（详见本书1K414011条内容）。如果变形缝超出规范规定的长度时，应采取有效的防开裂措施。

二、施工应采取的措施

（一）一般规定

（1）给水排水构筑物施工时，应按“先地下后地上、先深后浅”的顺序施工，并应防止各构筑物交叉施工时相互干扰。对建在地表水水体中、岸边及地下水位以下的构筑物，其主体结构宜在枯水期施工。

（2）在冬、雨期施工时，应按特殊时期施工方案和相关技术规程执行，制定切实可行的防水、防雨、防冻、混凝土保温及地基保护等措施。

（3）对沉井和构筑物基坑施工降水、排水，应对其影响范围内的原有建（构）筑物和拟建水池进行沉降观测，必要时采取防护措施。

（二）混凝土原材料与配合比

（1）材料品种、规格、质量、性能应符合设计要求和国家有关标准规定，并应进行进场验收；进场时应具备订购合同、产品质量合格证书、说明书、性能检测报告、进口产品的商检报告及证件等。

（2）严格控制混凝土原材料质量：砂和碎石要连续级配，含泥量不能超过规范要求。水泥宜为质量稳定的普通硅酸盐水泥。外加剂和掺合料必须性能可靠，有利于降低混凝土凝固过程的水化热。

（3）使混凝土配合比有利于减少和避免裂缝出现，在满足混凝土强度、抗渗性和抗冻性要求的前提下，宜适当减少水泥用量和水用量，降低水胶比中的水灰比；通过使用外加剂改善混凝土性能，降低水化热峰值。

（4）预拌混凝土的配合比应满足设计要求并经试验确定；现场配制的材料如混凝土、砂浆、防水涂料等应经检测或鉴定合格后使用。

（5）热期浇筑水池，应及时更换混凝土配合比，且严格控制混凝土坍落度。抗渗混凝土宜避开冬期和热期施工，减少温度裂缝的产生。

（三）模板支架（撑）安装

（1）模板支架、支撑应符合施工方案要求，在设计、安装和浇筑混凝土过程中，应采取有效的措施保证其稳固性，防止沉陷性裂缝的产生。

（2）模板接缝处应严密平整，变形缝止水带安装符合设计要求。

（3）后浇带处的模板及支架应独立设置。

（四）浇筑与振捣

（1）避免混凝土结构内外温差过大：首先，降低混凝土的入模温度，且不应大于25℃，使混凝土凝固时其内部在较低的温度起升点升温，从而避免混凝土内部温度过高。

（2）控制入模坍落度，做好浇筑振捣工作：在满足混凝土运输和布放要求前提下，要尽可能减小入模坍落度，混凝土入模后，要及时振捣，并做到既不漏振，也不过振。重点部位还要做好二次振捣工作。

（3）合理设置后浇带：对于大型给水排水混凝土构筑物，合理的设置后浇带有利于控制施工期间的较大温差与收缩应力，减少裂缝。设置后浇带时，要遵循"数量适当，位置合理"的原则。

（五）养护

（1）采取延长拆模时间和外保温等措施，使内外温差在一定范围之内。通过减少混凝土结构内外温差，减少温度裂缝。

（2）对于地下部分结构，拆模后及时回填土，控制早期、中期开裂。

（3）加强冬期施工混凝土质量控制，特别是新浇混凝土入模温度、拆模时内、外部温差控制。

1K420122 城市给水工程滤池与滤板施工质量检查与验收

一、工艺设备安装质量控制要点

（一）安装施工组织设计和施工方案

（1）安装前应组织有关安装施工人员认真熟悉设计施工图纸，技术规范，生产厂家的安装技术资料和产品说明书、装配图。

（2）邀请设计单位及有关管理单位到施工现场进行设计交底，充分领会设计意图和全部技术要求。

（3）对重点安装工程应编制符合有关安全技术标准规定和产品技术文件要求的安装方案及安全技术措施。

（二）土建结构与设备安装的交接验收

（1）依据有关验收规范的规定和设备供应商对土建工程的要求进行交接验收。

（2）在建设单位、监理工程师参与下，由土建施工测量人员和安装测量人员对构筑物、建筑物的各安装控制量测项目进行复测，其位置、高程要满足要求，并形成详细检查记录。

（3）工艺设备安装人员与土建施工人员配合核测预埋件、预留洞位置并形成记录，对不符合安装条件的部分，应及时制定补救方案。

（三）安装施工基本规定

（1）设备安装前30d，应向建设单位、监理工程师和设备供应商提交施工计划，包括：安装准备，具体每个设备的安装方案、人员安排、施工设施安排等，技术、质量和安全的施工方法。

（2）设备安装基础验收合格后，方可进行设备安装作业。

（3）应在设备的生产厂家指导下按照施工图纸和安装说明，以及相应的技术标准和规

范来进行设备安装。当产生矛盾时，以较严格者为准。

（4）设备安装验收应执行合同规定的规范标准。

二、给水厂工艺设备安装

（一）滤池工艺设备安装

（1）滤池是给水处理构筑物中结构较复杂、施工难度大的构筑物之一，滤池内由清水区、滤板、滤料层、浑水区组成；原水经沉淀、澄清后，水中仍含有一定数量悬浮物，通过滤池过滤，水中悬浮物在滤料吸（粘）附作用下被截留，使滤后水的浊度达到饮用水标准。

（2）滤料粘附一定数量悬浮物后，滤料间孔隙减小、滤速降低，此时要对滤料进行气水反冲洗，使其恢复过滤能力。为保证滤池过滤效果，必须严格控制工艺设备安装每个环节的施工质量。

（3）滤池内工艺设备较多，其中滤板包括支承梁、滤梁、滤板、滤头；滤料层由承托层、滤料（石英砂或无烟煤或碳颗粒）构成；浑水区设进水管和反冲洗集水槽。这些工艺设备通常由土建施工单位负责安装。

（二）安装质量控制要点

（1）对滤头、滤板、滤梁逐一检验、核对及清理。

（2）地梁与支承梁位置准确度符合设计要求。

（3）滤梁安装的水平精度应符合相关规范规定。

（4）滤板安装不得出现错台。

（5）滤板间及滤板与池壁间缝隙封闭符合设计要求。

（6）用应力扳手按设计要求检查滤头紧固度。

（7）滤头安装后须做通气试验。

（8）严格控制滤料支承层和滤料铺装层厚度及平整度。

（9）滤料铺装后，须做反冲洗试验，通气、通水检查反冲效果。

1K420130 城市管道工程质量检查与验收

1K420131 城市给水、排水管道施工质量检查与验收

城市给水、排水管道按管材可分为钢管、球墨铸铁管、钢筋混凝土管、预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管、玻璃钢管、硬聚氯乙烯管、聚乙烯管、聚丙烯管及其钢塑复合管等。

一、土石方与地基处理质量验收标准

（一）沟槽开挖与地基处理应符合下列规定

（1）原状地基土不得扰动、受水浸泡或受冻。

（2）检查地基承载力试验报告，地基承载力应满足设计要求。

（3）按设计或规定要求进行检查，检查检测记录、试验报告是否满足设计要求。进行地基处理时，压实度、厚度应满足设计要求。

（二）采用撑板、钢板桩支撑的沟槽应检查以下内容

（1）支撑方式、支撑材料符合设计要求。

（2）支护结构强度、刚度、稳定性符合设计要求。

（3）横撑不得妨碍下管和稳管。

（4）支撑构件安装应牢固、安全可靠，位置正确。

（5）支撑后，沟槽中心线每侧的净宽不应小于施工方案设计要求。

（6）钢板桩的轴线位移不得大于 50mm；垂直度偏差不得大于 1.5%。

（三）沟槽回填应符合下列规定

（1）回填材料符合设计要求，采用观察和检查检测报告的方法进行回填材料的质量检查，回填材料条件变化或来源变化时，应分别取样检测。

（2）沟槽不得带水回填，回填应密实。

（3）柔性管道的变形率应符合设计要求，当设计无要求时，钢管或球墨铸铁管道变形率应不超过 2%，化学建材管道变形率应不超过 3%；当超过时，需采取处理措施。管壁不得出现纵向隆起、环向扁平和其他变形情况。

（4）回填土压实度应符合设计要求。

（5）回填应达到设计高程，表面应平整。

（6）回填时管道及附属构筑物无损伤、沉降、位移。

二、开槽施工管道质量验收标准

（一）管道基础应符合下列规定

（1）原状地基的承载力符合设计要求，检查地基处理强度或承载力检验报告、复合地基承载力检验报告。

（2）混凝土基础的强度符合设计要求。

（3）砂石基础的压实度符合设计要求或相关专业验收规范的规定，检查砂石材料的质量保证资料、压实度试验报告。

（4）原状地基、砂石基础与管道外壁间接触均匀，无空隙。

（5）混凝土基础外光内实，无严重缺陷；混凝土基础的钢筋数量、位置正确。

（6）管道基础的允许偏差应符合相关验收规范规定。

（二）钢管接口连接应符合下列规定

（1）管节及管件、焊接材料等的质量应符合相关专业验收规范规定；检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录，检查现场制作管的加工记录。

（2）焊接前应检查钢管接口位置的坡口形式，组对间隙、错边量等项目。

（3）管节组对前，坡口及内外侧焊接影响范围内表面应无油、漆、垢、锈、毛刺等污物。

（4）不同壁厚的管节对接应符合相关专业验收规范规定。

（5）接口组对时，纵、环缝位置及接口的焊缝坡口应符合相关专业验收规范规定。

（6）多层焊接应对层间进行清理，并应进行外观检查，清除缺陷后，再进行下一层的焊接。

（7）焊接后，对焊口焊接质量应符合相关专业验收规范规定和设计要求；逐口观察，按设计要求进行抽检；检查焊缝质量检测报告。

（8）法兰接口的法兰应与管道同心，螺栓自由穿入，高强度螺栓的终拧扭矩应符合设计要求和有关标准的规定；逐口检查；用扭矩扳手等检查；检查螺栓拧紧记录。

（9）法兰中轴线与管道中轴线的允许偏差应符合：D_i 小于或等于 300mm 时，允许偏差小于或等于 1mm；D_i 大于 300mm 时，允许偏差小于或等于 2mm。

（10）连接的法兰之间应保持平行，其允许偏差不大于法兰外径的 1.5‰，且不大于 2mm；螺孔中心允许偏差应为孔径的 5%。

（三）钢管内防腐层应符合下列规定

（1）内防腐层材料质量、给水管道内防腐层材料的卫生性能应符合国家相关标准的规定；对照产品标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。

（2）水泥砂浆抗压强度符合设计要求，且不低于 30MPa。

（3）液体环氧涂料内防腐层表面应平整、光滑，无气泡、无划痕等，湿膜应无流淌现象。

（4）水泥砂浆防腐层的厚度应符合相关验收规范规定。

（四）钢管外防腐层应符合下列规定

（1）外防腐层材料（包括补口、修补材料）、结构等应符合国家相关标准的规定和设计要求；对照产品标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。

（2）外防腐层的厚度、电火花检漏、粘结力应符合相关验收规范规定。

（3）钢管表面除锈质量等级应符合设计要求；检查防腐管生产厂提供的除锈等级报告，对照典型样板照片检查每个补口处的除锈质量，检查补口处除锈施工方案。

（4）管道外防腐层（包括补口、补伤）的外观质量应符合相关专业验收规范规定。

（5）管体外防腐材料搭接、补口搭接、补伤搭接应符合要求。

（五）钢管阴极保护工程质量应符合下列规定

（1）钢管阴极保护所用的材料、设备等应符合国家有关标准的规定和设计要求；对照产品相关标准和设计文件，检查产品质量保证资料；检查成品管进场验收记录。

（2）管道系统的电绝缘性、电连续性经检测满足阴极保护的要求；阴极保护施工前应全线检查；检查绝缘部位的绝缘测试记录、跨接线的连接记录；用电火花检漏仪、高阻电压表、兆欧表测电绝缘性，万用表测跨线等的电连续性。

（3）阴极保护的系统参数测试应符合下列规定：

1）设计无要求时，在施加阴极电流的情况下，测得管/地电位应小于或等于 −850mV（相对于铜－饱和硫酸铜参比电极）。

2）管道表面与同土壤接触的稳定的参比电极之间阴极极化电位值最小为 100mV。

3）土壤或水中含有硫酸盐还原菌，且硫酸根含量大于 0.5% 时，通电保护电位应小于或等于 −950mV（相对于铜－饱和硫酸铜参比电极）。

4）被保护体埋置于干燥的或充气的高电阻率（大于 500Ω·m）土壤中时，测得的极化电位小于或等于 −750mV（相对于铜－饱和硫酸铜参比电极）。

（4）管道系统中阳极、辅助阳极的安装应符合相关专业验收规范规定。

（5）所有连接点应按规定做好防腐处理，与管道连接处的防腐材料应与管道相同；逐个检查；检查防腐材料质量合格证明、性能检验报告；检查施工记录、施工测试记录。

（6）阴极保护系统的测试装置及附属设施的安装应符合下列规定：

1）测试桩埋设位置应符合设计要求，顶面高出地面 400mm 以上。

2）电缆、引线铺设应符合设计要求，所有引线应保持一定松弛度，并连接可靠牢固。

3）接线盒内各类电缆应接线正确，测试桩的舱门应启闭灵活、密封良好。

4）检查片的材质应与被保护管道的材质相同，其制作尺寸、设置数量、埋设位置应符合设计要求，且埋深与管道底部相同，距管道外壁不小于300mm。

5）参比电极的选用、埋设深度应符合设计要求。

（7）阴极保护施工应与管道施工同步进行。

（六）球墨铸铁管接口连接应符合下列规定

（1）管节及管件的产品质量应符合相关专业验收规范规定。

（2）承插接口连接时，两管节中轴线应保持同心，承口、插口部位无破损、变形、开裂；插口推入深度应符合要求。

（3）法兰接口连接时，插口与承口法兰压盖的纵向轴线一致，连接螺栓终拧扭矩应符合设计或产品使用说明要求；接口连接后，连接部位及连接件应无变形、破损。

（4）橡胶圈安装位置应准确，不得扭曲、外露；沿圆周各点应与承口端面等距，其允许偏差应为 ±3mm。承口的内工作面和插口的外工作面应光滑、轮廓清晰，不得有影响接口密封性的缺陷。

（5）连接后管节间平顺，接口无突起、突弯、轴向位移现象。

（6）接口的环向间隙应均匀，承插口间的纵向间隙不应小于3mm。

（7）法兰接口的压兰、螺栓和螺母等连接件应规格型号一致，采用钢制螺栓和螺母时，防腐处理应符合设计要求；逐个接口检查；检查螺栓和螺母质量合格证明书、性能检验报告。

（8）管道沿曲线安装时，接口转角应符合相关专业验收规范规定。

（七）钢筋混凝土管、预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管接口连接应符合下列规定

（1）管及管件、橡胶圈的产品质量应符合相关专业验收规范规定。

（2）柔性接口的橡胶圈位置正确，无扭曲、外露现象；承口、插口无破损、开裂；双道橡胶圈的单口水压试验合格。

（3）刚性接口的强度符合设计要求，不得有开裂、空鼓、脱落现象。

（4）柔性接口的安装位置正确，其纵向间隙应符合相关专业验收规范规定。

（5）刚性接口的宽度、厚度符合设计要求。

（6）管道沿曲线安装时，接口转角应符合相关专业验收规范规定。

（7）管道接口的填缝应符合设计要求，密实、光洁、平整。

（8）预（自）应力混凝土管道采用金属管道连接时，或预应力钢筒混凝土管道采用钢制管件连接时，管件均应进行防腐处理。

（八）化学建材管接口连接应符合下列规定

（1）管节及管件、橡胶圈等的产品质量应符合相关专业验收规范规定。

（2）承插、套筒式连接时，承口、插口部位及套筒连接紧密，无破损、变形、开裂等现象；插入后胶圈应位置正确，无扭曲等现象；双道橡胶圈的单口水压试验合格；逐个接口检查；检查施工方案及施工记录，单口水压试验记录；用钢尺、探尺量测。

（3）聚乙烯管、聚丙烯管接口熔焊连接应符合下列规定：

1）焊缝应完整，无缺损和变形现象；焊缝连接应紧密，无气孔、鼓泡和裂缝；电熔

连接的电阻丝不裸露。

2）熔焊焊缝焊接力学性能不低于母材。

3）热熔对接连接后应形成凸缘，且凸缘形状大小均匀一致，无气孔、鼓泡和裂缝；接头处有沿管节圆周平滑对称的外翻边，外翻边最低处的深度不低于管节外表面；管壁内翻边应铲平；对接错边量不大于管材壁厚的10%，且不大于3mm。检查熔焊连接工艺试验报告和焊接作业指导书，检查熔焊连接施工记录、熔焊外观质量检验记录、焊接力学性能检测报告。

（4）卡箍连接、法兰连接、钢塑过渡接头连接时，应连接件齐全、位置正确、安装牢固，连接部位无扭曲、变形。

（5）承插、套筒式接口的插入深度应符合要求，相邻管口的轴向间隙应不小于10mm；环向间隙应均匀一致。

（6）化学建材管道沿曲线安装时的接口转角，不应大于相关专业验收规范规定。

（7）熔焊连接设备的控制参数满足焊接工艺要求；设备与待连接管的接触面无污物，设备及组合件组装正确、牢固、吻合；焊后冷却期间接口未受外力影响。

（8）卡箍连接、法兰连接、钢塑过渡连接件的钢制部分以及钢制螺栓、螺母、垫圈的防腐要求应符合设计要求。

（九）管道铺设应符合下列规定

（1）管道埋设深度、轴线位置应符合设计要求，允许偏差应符合相关验收规范规定，无压力管道严禁倒坡。

（2）刚性管道无结构贯通裂缝和明显缺损情况。

（3）柔性管道的管壁不得出现纵向隆起、环向扁平和其他变形情况。

（4）管道铺设安装必须稳固，管道安装后应线形平直。

（5）管道内应光洁平整，无杂物、油污；管道无明显渗水和水珠现象。

（6）管道与井室洞口之间无渗漏水。

（7）管道内外防腐层完整，无破损现象。

（8）钢管管道开孔应符合相关专业验收规范规定。

（9）闸阀安装应牢固、严密，启闭灵活，与管道轴线垂直。

三、管道附属构筑物质量验收标准

（一）井室应符合下列要求

（1）所用的原材料、预制构件的质量应符合国家有关标准的规定和设计要求；检查产品质量合格证明书、各项性能检验报告、进场验收记录。

（2）砌筑水泥砂浆强度、结构混凝土强度符合设计要求。

（3）砌筑结构应灰浆饱满、灰缝平直，不得有通缝、瞎缝；预制装配式结构应坐浆、灌浆饱满密实，无裂缝；混凝土结构无严重质量缺陷；井室无渗水、水珠现象。

（4）井壁抹面应密实平整，不得有空鼓、裂缝等现象；混凝土无明显的一般性质量缺陷；井室无明显湿渍现象。

（5）井内部构造符合设计和水力工艺要求，且部位位置及尺寸正确，无建筑垃圾等杂物；检查井流槽应平顺、圆滑、光洁。

（6）井室内爬梯（踏步）位置正确、牢固。

（7）井盖、座规格符合设计要求，安装稳固。

（8）井室的允许偏差应符合相关验收规范规定。

（二）雨水口及支、连管应符合下列要求

（1）所用的原材料、预制构件的质量应符合国家有关标准的规定和设计要求。

（2）雨水口位置正确，深度符合设计要求，安装不得歪扭。

（3）井框、井箅应完整、无损，安装平稳、牢固；支、连管应直顺，无倒坡、错口及破损现象。

（4）井内、连接管道内无线漏、滴漏现象。

（5）雨水口砌筑勾缝应直顺、坚实，不得漏勾、脱落；内、外壁抹面平整光洁。

（6）支、连管内清洁、流水通畅，无明显渗水现象。

（7）雨水口、支管的允许偏差应符合相关验收规范规定。

（8）井周回填应符合设计要求。

（三）支墩应符合下列要求

（1）所用的原材料质量应符合国家有关标准的规定和设计要求。

（2）支墩地基承载力、位置符合设计要求；支墩无位移、沉降。

（3）砌筑水泥砂浆强度、结构混凝土强度符合设计要求。

（4）混凝土支墩应表面平整、密实；砖砌支墩应灰缝饱满，无通缝现象，其表面抹灰应平整、密实。

（5）支墩支承面与管道外壁接触紧密，无松动、滑移现象。

（6）管道支墩的允许偏差应符合相关验收规范规定。

四、管道功能性试验

（1）给水排水管道安装完成后应按下列要求进行管道功能性试验：

1）压力管道应按相关专业验收规范规定进行压力管道水压试验，试验分为预试验和主试验阶段。试验合格的判定依据分为允许压力降值和允许渗水量值，按设计要求确定；设计无要求时，应根据工程实际情况，选用其中一项值或同时采用两项值作为试验合格的最终判定依据。

2）无压管道应按相关专业验收规范规定进行管道的严密性试验，严密性试验分为闭水试验和闭气试验，按设计要求确定；设计无要求时，应根据实际情况选择闭水试验或闭气试验进行管道功能性试验。

（2）给水管道必须水压试验合格，并网运行前进行冲洗与消毒，经检验水质达到标准后，方可允许并网通水投入运行。

（一）压力管道水压试验

（1）管道水压试验的方法详见1K415014条相关内容。

（2）水压试验采用的设备、仪表规格及其安装应符合下列规定：

1）采用弹簧压力计时，精度不低于1.5级，最大量程宜为试验压力的1.3～1.5倍，表壳的公称直径不宜小于150mm，使用前经校正并具有符合规定的检定证书。

2）水泵、压力计应安装在试验段的两端部与管道轴线相垂直的支管上。

（3）水压试验前，管道回填土应符合下列规定：

1）压力管道安装检查合格后，除接口外，管道两侧及管道以上回填高度不应小于0.5m。

2）管道顶部回填土宜留出接口位置以便检查渗漏处。

（4）试验管段注满水后，宜在不大于工作压力条件下充分浸泡后再进行水压试验，浸泡时间应符合表 1K420131-1 的规定：

压力管道水压试验前浸泡时间　　表 1K420131-1

管材种类	管道内径 D_i（mm）	浸泡时间（h）
球墨铸铁管（有水泥砂浆衬里）	D_i	≥ 24
钢管（有水泥砂浆衬里）	D_i	≥ 24
化学建材管	D_i	≥ 24
现浇钢筋混凝土管渠	$D_i \leq 1000$	≥ 48
	$D_i > 1000$	≥ 72
预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管	$D_i \leq 1000$	≥ 48
	$D_i > 1000$	≥ 72

（5）水压试验应符合下列规定：

1）试验压力应按表 1K420131-2 选择确定：

压力管道水压试验的试验压力（MPa）　　表 1K420131-2

管材种类	工作压力 P	试验压力
钢管	P	$P+0.5$，且不小于 0.9
球墨铸铁管	≤ 0.5	$2P$
	> 0.5	$P+0.5$
预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管	≤ 0.6	$1.5P$
	> 0.6	$P+0.3$
现浇钢筋混凝土管渠	≥ 0.1	$1.5P$
化学建材管	≥ 0.1	$1.5P$，且不小于 0.8

2）预试验阶段：将管道内水压缓缓地升至试验压力并稳压 30min。期间如有压力下降可注水补压，但不得高于试验压力；检查管道接口、配件等处有无漏水、损坏现象；有漏水、损坏现象时应及时停止试压，查明原因并采取相应措施后重新试压。

3）主试验阶段：停止注水补压，稳定 15min；当 15min 后压力下降不超过表 1K420131-3 中所列允许压力降数值时，将试验压力降至工作压力并保持恒压 30min，进行外观检查若无漏水现象，则水压试验合格。

压力管道水压试验的允许压力降（MPa）　　表 1K420131-3

管材种类	试验压力	允许压力降
钢管	$P+0.5$，且不小于 0.9	0
球墨铸铁管	$2P$	0.03
	$P+0.5$	

续表

管材种类	试验压力	允许压力降
预（自）应力钢筋混凝土管、预应力钢筒混凝土管	1.5P	0.03
	P+0.3	
现浇钢筋混凝土管渠	1.5P	0.03
化学建材管	1.5P，且不小于0.8	0.02

4）管道升压时，管道的气体应排除。升压过程中，发现弹簧压力计表针摆动、不稳，且升压较慢时，应重新排气后再升压。

5）应分级升压，每升一级应检查后背、支墩、管身及接口，无异常现象时再继续升压。

6）水压试验过程中，后背顶撑、管道两端不得站人。

7）水压试验时，不得修补缺陷；遇有缺陷时，应做出标记，卸压后修补。

（6）压力管道采用允许渗水量进行最终合格判定依据时，实测渗水量应小于或等于表1K420131-4的规定及下列公式规定的允许渗水量。

压力管道水压试验的允许渗水量　　表1K420131-4

管道内径D_i（mm）	允许渗水量［L/（min·km）］		
	焊接接口钢管	球墨铸铁管、玻璃钢管	预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管
100	0.28	0.70	1.40
150	0.42	1.05	1.72
200	0.56	1.40	1.98
300	0.85	1.70	2.42
400	1.00	1.95	2.80
600	1.20	2.40	3.14
800	1.35	2.70	3.96
900	1.45	2.90	4.20
1000	1.50	3.00	4.42
1200	1.65	3.30	4.70
1400	1.75	—	5.00

1）当管道内径大于表1K420131-4规定时，实测渗水量应小于或等于按下列公式计算的允许渗水量：

①钢管：

$$q=0.05\sqrt{D_i} \qquad (1K420131\text{-}1)$$

②球墨铸铁管（玻璃钢管）：

$$q=0.1\sqrt{D_i} \qquad (1K420131\text{-}2)$$

③预（自）应力混凝土管、预应力钢筒混凝土管：

$$q=0.14\sqrt{D_i} \qquad (1K420131\text{-}3)$$

2）现浇钢筋混凝土管渠实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量：

$$q = 0.014 D_i \qquad (1K420131\text{-}4)$$

3）硬聚氯乙烯管实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量：

$$q = 3 \cdot \frac{D_i}{25} \cdot \frac{P}{0.3\alpha} \cdot \frac{P}{1400} \qquad (1K420131\text{-}5)$$

式中 q——允许渗水量［L/（min·km）］；

D_i——管道内径（mm）；

P——压力管道的工作压力（MPa）；

α——温度－压力折减系数（当试验水温 0～25℃时，α 取 1；25～35℃时，α 取 0.8；35～45℃时，α 取 0.63）。

（7）聚乙烯管、聚丙烯管及其复合管的水压试验预试验、主试验阶段应按下列规定执行：

1）预试验阶段：依据本条四、（5）要求进行水压试验，完成后，应停止注水补压并稳定 30min；当 30min 后压力下降不超过试验压力的 70%，则预试验结束；否则重新注水补压并稳定 30min 再进行观测，直至 30min 后压力下降不超过试验压力的 70%。

2）主试验阶段应符合下列规定：

① 在预试验阶段结束后，迅速将管道泄水降压，降压量为试验压力的 10%～15%；期间应准确计量降压所泄出的水量（ΔV），并按下式计算允许泄出的最大水量 ΔV_{max}：

$$\Delta V_{max} = 1.2 V \Delta P \left(\frac{1}{E_W} + \frac{D_i}{e_n E_p} \right) \qquad (1K420131\text{-}6)$$

式中 V——试压管段总容积（L）；

ΔP——降压量（MPa）；

E_W——水的体积模量（MPa），不同水温时 E_W 值可按表 1K420131-5 采用；

E_p——管材弹性模量（MPa），与水温及试压时间有关；

D_i——管材内径（m）；

e_n——管材公称壁厚（m）。

温度与体积模量关系 表 1K420131-5

温度（℃）	体积模量（MPa）	温度（℃）	体积模量（MPa）	温度（℃）	体积模量（MPa）
5	2080	15	2140	25	2210
10	2110	20	2170	30	2230

ΔV 小于或等于 ΔV_{max} 时，则按下文中的②、③、④项进行作业；ΔV 大于 ΔV_{max} 时应停止试压。排除管内过量空气再从预试验阶段开始重新试验。

② 每隔 3min 记录一次管道剩余压力，应记录 30min；30min 内管道剩余压力有上升趋势时，则水压试验结果合格。

③ 30min 内管道剩余压力无上升趋势时，则应持续观察 60min；整个 90min 内压力下降不超过 0.02MPa，则水压试验结果合格。

④ 主试验阶段上述两条均不能满足时，则水压试验结果不合格，应查明原因并采取相应措施后再重新组织试压。

（8）大口径球墨铸铁管、玻璃钢管及预应力钢筒混凝土管道的接口单口水压试验应符

合下列规定：

1）安装时应注意将单口水压试验用的进水口（管材出厂时已加工）置于管道顶部。

2）管道接口连接完毕后进行单口水压试验，试验压力为管道设计压力的 2 倍，且不得小于 0.2MPa。

3）试压采用手提式打压泵，管道连接后将试压嘴固定在管道承口的试压孔上，连接试压泵，将压力升至试验压力，恒压 2min，无压力降为合格。

4）试压合格后，取下试压嘴，在试压孔上拧上 M10×20mm 不锈钢螺栓并拧紧。

5）水压试验时应先排净水压腔内的空气。

6）单口试压不合格且确认是接口漏水时，应马上拔出管节，找出原因，重新安装，直至符合要求为止。

（二）无压管道的闭水试验

（1）闭水试验法应按设计要求和试验方案进行。

（2）试验管段应按井距分隔，抽样选取，带井试验。

（3）管道闭水试验水头与方法详见 1K415014 条相关内容。

（4）管道闭水试验时，应进行外观检查，不得有漏水现象，且符合下列规定时，管道闭水试验为合格：

1）实测渗水量小于或等于表 1K420131-6 规定的允许渗水量。

2）管道内径大于表 1K420131-6 规定时，实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量。

$$q = 1.25\sqrt{D_i} \qquad (1K420131\text{-}7)$$

3）异型截面管道的允许渗水量可按周长折算为圆形管道计。

4）化学建材管道的实测渗水量应小于或等于按下式计算的允许渗水量：

$$q = 0.0046D_i \qquad (1K420131\text{-}8)$$

式中 q——允许渗水量［m^3/（24h·km）］；

D_i——管道内径（mm）。

无压管道闭水试验允许渗水量　　表 1K420131-6

管材	管道内径 D_i（mm）	允许渗水量 [m^3/（24h·km）]	管道内径 D_i（mm）	允许渗水量 [m^3/（24h·km）]
钢筋混凝土管	200	17.60	1200	43.30
	300	21.62	1300	45.00
	400	25.00	1400	46.70
	500	27.95	1500	48.40
	600	30.60	1600	50.00
	700	33.00	1700	51.50
	800	35.35	1800	53.00
	900	37.50	1900	54.48
	1000	39.52	2000	55.90
	1100	41.45	—	—

（5）管道内径大于700mm时，可按管道井段数量抽样选取1/3进行试验；试验不合格时，抽样井段数量应在原抽样基础上加倍进行试验。

（6）不开槽施工的内径大于或等于1500mm钢筋混凝土管道，设计无要求且地下水位高于管道顶部时，可采用内渗法测渗水量；渗漏水量测方法按相关专业验收规范的规定进行，符合下列规定时，则管道抗渗性能满足要求，不必再进行闭水试验：

1）管壁不得有线流、滴漏现象。

2）对有水珠、渗水部位应进行抗渗处理。

3）管道内渗水量允许值 $q \leqslant 2$［L/（$m^2 \cdot d$）］。

（三）无压管道的闭气试验

（1）闭气试验适用于混凝土类的无压管道在回填土前进行的严密性试验。

（2）闭气试验时，地下水位应低于管外底150mm，环境温度为 −15～50℃。

（3）下雨时不得进行闭气试验。

（4）闭气试验合格标准应符合下列规定：

1）规定标准闭气试验时间符合表1K420131-7的规定，管内实测气体压力 $P \geqslant 1500$Pa，则管道闭气试验合格。

钢筋混凝土无压管道闭气检验规定标准闭气时间　　表1K420131-7

管道 DN（mm）	管内气体压力（Pa）		规定标准闭气时间 S	管道 DN（mm）	管内气体压力（Pa）		规定标准闭气时间 S
	起点压力	终点压力			起点压力	终点压力	
300		—	1′45″	1300	2000	≥1500	16′45″
400			2′30″	1400			19′
500	2000	≥1500	3′15″	1500			20′45″
600			4′45″	1600			22′30″
700			6′15″	1700			24′
800			7′15″	1800			25′45″
900			8′30″	1900			28′
1000			10′30″	2000			30′
1100			12′15″	2100			32′30″
1200			15′	2200			35′

2）被检测管道内径大于或等于1600mm时，应记录测试时管内气体温度（℃）的起始值 T_1 及终止值 T_2，并将达到标准闭气时间时膜盒表显示的管内压力值 P 记录，用下列公式加以修正，修正后管内气体压降值为 ΔP：

$$\Delta P = 103300 - (P + 101300)(273 + T_1)/(273 + T_2) \quad (1K420131\text{-}9)$$

ΔP 如果小于500Pa，管道闭气试验合格。

3）管道闭气试验不合格时，应进行漏气检查、修补后复检。

（四）给水管道冲洗与消毒

（1）给水管道冲洗与消毒应符合下列要求：

1）给水管道严禁取用污染水源进行水压试验、冲洗，施工管段处于污染水水域较近

时，必须严格控制污染水进入管道；如不慎污染管道，应由水质检测部门对管道污染水进行化验，并按其要求在管道并网运行前进行冲洗与消毒。

2）管道冲洗与消毒应编制实施方案。

3）施工单位应在建设单位、管理单位的配合下进行冲洗与消毒。

4）冲洗时，应避开用水高峰，冲洗流速不小于1.0m/s，连续冲洗。

（2）给水管道冲洗消毒准备工作应符合下列规定：

1）用于冲洗管道的清洁水源已经确定。

2）消毒方法和用品已经确定，并准备就绪。

3）排水管道已安装完毕，并保证畅通、安全。

4）冲洗管段末端已设置方便、安全的取样口。

5）照明和维护等措施已经落实。

（3）管道冲洗与消毒应符合下列规定：

1）管道第一次冲洗应用清洁水冲洗至出水口水样浊度小于3NTU为止，冲洗流速应大于1.0m/s。

2）管道第二次冲洗应在第一次冲洗后，用有效氯离子含量不低于20mg/L的清洁水浸泡24h后，再用清洁水进行第二次冲洗直至水质检测、管理部门取样化验合格为止。

1K420132 城市燃气、供热管道施工质量检查与验收

一、金属管道安装质量要求

（1）管道安装是管道工程施工的重要工序，主要包括下管、组对、连接等。管道安装应按“先大管、后小管，先主管、后支管，先下部管、后上部管”的原则，有计划、分步骤地进行。

（2）管道安装前，与管道工程有关的土方（土建构筑物）工程及钢结构工程应完成并经检查合格；管道支架的标高和坡度符合设计要求；已按设计要求和相关标准对管道组成件的材质、管径、壁厚、防腐和保温质量等项内容进行检查并确认无误；管道内部已清理干净。

（3）两相邻管道连接时，纵向焊缝或螺旋焊缝之间的相互错开距离不应小于100mm，不得有十字形焊缝；同一管道上两条纵向焊缝之间的距离不应小于300mm。

（4）相同壁厚管道对口时，其错边量应符合表1K420132的规定。

（5）管道环焊缝不得置于建筑物、闸井（或检查室）的墙壁或其他构筑物的结构中。管道支架处不得有焊缝。设在套管或保护性地沟中的管道环焊缝，应进行100%的无损探伤检测。

（6）严禁采用在焊口两侧加热延伸管道长度、螺栓强力拉紧、夹焊金属填充物和使补偿器变形等方法强行对口焊接。

管道对口时允许的最大错边量 表1K420132

管道公称壁厚（mm）		≤5	6~10	12~14	≥15
允许错边量（mm）	CJJ 28①	≤0.5	≤1.0	≤1.5	≤2.0
	GB 50235②	不宜超过壁厚的10%，且不大于2			

①《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28—2014。

②《工业金属管道工程施工规范》GB 50235—2010（2013年版）。

二、管道焊接质量控制

（一）焊接前质量控制

（1）从事市政公用工程压力管道施工的焊工，应持有相应的焊工资格证书，证书允许焊接类型应满足施工要求，并且证书应在有效期内。

（2）管材、焊接材料应符合设计要求和规范的规定。

（3）首次使用的管材、焊材以及焊接方法应在施焊前进行焊接工艺评定，制定焊接工艺指导书；焊接作业必须按焊接工艺指导书的要求进行。

（4）施焊前应检查定位焊缝质量，如有裂纹、气孔、夹渣等缺陷均应清除。在焊件纵向焊缝的端部（包括螺旋管焊缝）不得进行定位焊。为减少变形，定位焊应对称进行。

（二）焊接过程控制重点

1. 焊接环境

焊接时，应根据实际环境采取相应的防护措施，保证焊接过程不受或少受外界环境的影响。当存在下列任一情况且未采取有效的防护措施时，严禁进行焊接作业：① 焊条电弧焊时风速大于8m/s（相当于5级风）；② 气体保护焊时风速大于2m/s（相当于2级风）；③ 相对湿度大于90%；④ 雨、雪环境。

2. 焊接工艺参数

主要包括坡口形式、焊接材料、预热温度、层间温度、焊接速度、焊接电流、焊接电压、线能量、保护气体流量、后热温度和保温时间等。上述参数是经过工艺评定确定的，在施焊时应严格遵守，不得随意改变。当焊接条件改变时，应重新进行焊接工艺评定。

3. 焊接顺序

施焊的顺序和方向，应符合焊接工艺指导书的规定。除工艺有特殊要求外，每道焊缝均应一次连续焊完，相邻两焊缝起点位置应错开。

4. 焊接热处理

设计要求热处理的管道进行焊缝热处理时，应采取相应的防风、保温措施。

5. 焊接质量检验

焊接质量检验应按对口质量检验、外观质量检验、无损检测、强度和严密性试验的次序进行。

三、管道法兰连接质量控制

（一）安装前控制

（1）法兰的材质、型号、压力等级应符合设计要求。与设备或阀件相连接的法兰，应按不低于设备或阀件公称压力的原则选用。

（2）法兰在安装前应进行外观检查，表面应平整光洁，不得有砂眼、裂纹、斑点、毛刺等缺陷，密封面上不应有贯穿性划痕等影响密封性的缺陷。在法兰侧面应有公称压力、公称直径、执行标准等标识。

（二）组装连接

（1）法兰与管道组装时，法兰连接的平行偏差不应大于法兰外径的1.5‰，且不大于2mm。不得使用加偏垫、多层垫或用强紧螺栓的方法消除歪斜。法兰连接应在自然状态

下进行，严禁强行扭曲组装。

（2）法兰与管道焊接连接时，应按标准规定双侧焊接，焊脚高度应符合规定。

（3）密封材料的选择应与工作介质相适应。紧固螺栓受力应均匀，露出螺母以1～3倍螺距为宜。

四、聚乙烯（PE）管道连接质量控制

聚乙烯管道连接的方法有热熔连接和电熔连接。

（一）热熔连接

（1）热熔对接连接根据聚乙烯管材、管件或阀门的规格选用适应的机架和夹具。

（2）在固定连接件时，连接件的连接端伸出夹具，伸出的自由长度不应小于公称外径的10%。

（3）连接部位擦净、保持干燥，铣削后的熔接面保持洁净。

（4）待连接件端面要求加热、规定时间内完全接触，并保持规定的热熔对接压力。

（5）接头采用自然冷却，在保压冷却期间，不得拆开夹具，不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。

（6）热熔对接连接完成后，对接头进行100%卷边对称性和接头对正性检验，应对开挖敷设不少于15%的接头进行卷边切除检验，水平定向钻非开挖施工进行100%接头卷边切除检验。

（二）电熔连接

（1）连接前，管材、管件、阀门及熔接设备温度接近施工现场温度。

（2）管材的连接部位擦净、保持干燥，管件焊接时再拆除封装袋。

（3）管材插入端需整圆后施工，管材或插口管件的插入端插入电熔管件承口内至标记位置，校直使其在同一轴线上，使用专用夹具固定后通电焊接。

（4）通电加热焊接的电压或电流、加热时间等焊接参数的设定符合电熔连接熔接设备和电熔管件的使用要求。

（5）接头采用自然冷却，在冷却期间，不得拆开夹具，不得移动连接件或在连接件上施加任何外力。

五、管道防腐保温质量控制

（一）管道防腐

1．基层处理

基层处理的质量直接影响着防腐层的附着质量和防腐效果。目前基层处理的方法有喷射除锈、工具除锈、化学除锈等方法，现场常用的方法主要是喷射除锈和工具除锈。基层处理质量应满足防腐材料施工对除锈质量等级的要求。

2．防腐施工

在雨、雪、风沙天气以及相对湿度较大的环境下，应采取有效措施保证防腐施工质量。

涂刷类型的防腐层应按规定分层进行，每层涂料施工时，前道涂料应表干，涂层厚度应均匀，无流淌、褶皱、针孔、空鼓等缺陷，实干后方可采取保护性措施；胶带类型的防腐层施工时，应严格控制好施工温度，严禁超温加热，搭接宽度应符合标准规定或设计要求，施工顺序应符合生产厂家要求。

（二）管道保温

1. 材料控制

保温材料进场，应具备出厂合格证书或检验报告，并应按标准规定在现场进行抽样检测，检测材料的导热系数是否符合设计要求。

2. 保温层施工

保温层厚度超过 100mm 时，应分两层或多层逐层施工，各层的厚度应接近，非水平管道的保温施工应自下而上进行，防潮层和保护层的搭接应上压下，搭接宽度不小于 30mm。

同层的预制管壳应错缝，内、外层应压缝，搭接长度应大于 100mm，拼缝应严密，外层的水平接缝应在侧面。

预制管壳缝隙不得大于 5mm，缝隙内应采用胶泥填充密实。每个预制管壳最少应有两道镀锌钢丝或箍带予以固定，不得采用螺旋式缠绕捆扎方式。

弯头处应采用定型的弯头管壳或用直管壳加工成“虾米腰”块，每个弯头应不少于 3 块，确保管壳与管壁紧密结合，美观平滑。

在雨雪期、寒冷期施工室外保温层时，应采取防雨雪和防冻措施。

3. 伸缩缝处理

伸缩缝内填充导热系数与保温材料相近的软质保温材料。

在阀门、法兰和其他可拆卸部件的保温层两端应预留拆卸距离，以便于检修。

保温层不得妨碍管道的自由伸缩及管道伸缩指示装置的安装，且不得损坏管道的防腐层。支、托架处的保温层不应影响活动面的自由位移。

4. 防潮层和保护层施工

管沟内的管道保温应设防潮层，防潮层应在干燥的保温层上进行。防潮层表面应平整，接缝应严密，厚度均匀一致，无翘口、脱层、开裂及空鼓、褶皱等缺陷，封口处应封闭。

缠绕式保护层应重叠缠绕、裹紧，重叠宽度为带宽的 1/2，表面应平整，不得有松脱、翻边、皱褶和鼓包，起点和终点必须用镀锌钢丝捆扎牢固，并应密封。金属保护层应压边、箍紧，不得有脱壳或凹凸不平，其环缝和纵缝应搭接或咬口，缝口应朝下。螺钉间距不应大于 200mm，保护层端头应封闭。

5. 预制保温管接口施工

在安装前应测试报警线的通断状况和电阻值，其阻值应符合产品标准。报警线应在管道上方。报警线一旦受潮，应采取预热、烘烤等方式干燥。

直埋保温管接口应在保护壳（套袖）气密性试验合格后，方可进行发泡保温施工。

六、管道安装质量检验标准

（一）焊缝外观质量检查

（1）焊缝外观（表面）质量检查，应按《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236—2011 的规定进行。

（2）焊缝表面质量标准：表面无裂纹、气孔、夹渣、咬边（咬肉）、未焊透、焊瘤及熔合性飞溅等缺陷。焊缝表面应均匀完整，焊道与母材金属之间应圆滑过渡。焊缝宽度以每边超出坡口边缘 2～3mm 为宜。焊缝余高为 0～1 + 0.10b（b 为焊缝宽度，mm），且不

大于 3mm。

（二）焊缝内部质量检查标准

（1）焊缝内部质量检查的方法主要有射线检测和超声检测，检测的比例应符合设计文件的要求。

（2）焊缝无损检测必须由有资质的检验单位完成。

（3）对检验不合格的焊缝必须返修至合格，但同一部位焊缝的返修次数不得超过两次，返修的焊缝长度不得小于 50mm，返修后的焊缝应修磨成与原焊缝基本一致；除对不合格焊缝进行返修外，还应对形成该不合格焊缝的焊工所焊的其他焊缝（对燃气管道为“同批焊缝”）按规定的检验比例、检验方法和检验标准加倍抽检，仍有不合格时，对该焊工所焊的全部焊缝（对燃气管道为“同批焊缝”）进行无损检测。

（三）PE 管道连接质量标准

1. 热熔接头的质量检验

对热熔接头连接后，热熔结合面沿整个圆周的翻边应均匀对称，翻边应是实心圆滑的，翻边下侧不应有杂质、小孔、扭曲和损坏；在对翻边进行切除检验时，不应有开裂、裂缝，接缝处不得露出熔合线。

2. 电熔接头的质量检验

管插入管件内的深度应到位，接缝处不应有熔融料溢出，电熔管件内的电阻丝不应被挤出，观察孔中应有少量熔融料溢出。

（四）支架、吊架和滑托的质量检验

（1）支架、吊架和滑托的焊缝形式、焊缝长度、焊脚高度等必须符合设计要求，管道支架、吊架处不应有管道焊缝，不得有表面裂纹、未熔合与气孔等焊接缺陷，不得有毛刺及焊渣等影响正常滑动的表面缺陷。

（2）支架、滑托等与管道焊接时，管壁上不得有咬边、电弧擦伤等影响管道强度和可能造成应力集中的缺陷。支架、吊架在焊接后，应对焊接变形予以矫正。

七、防腐、保温工程质量标准

（一）基层处理

按照材料表面是原始基材还是已涂覆过涂料的基材，选择标准中不同部分的图片，对照检查是否达到设计要求或防腐材料所要求的质量等级。

（二）防腐

1. 防腐层

主要检查防腐产品质量证明文件、防腐层（含现场补口）的外观质量，抽查防腐层的厚度、粘结力，全线检查防腐层的电绝缘性。燃气工程还应对管道回填后防腐层的完整性进行全线检查。

2. 阴极保护（牺牲阳极法）

主要检查阳极材料的质量证明文件、阳极体的数量、规格、型号和埋设位置是否符合设计要求，被保护体的保护电位指标是否符合设计要求和标准规定。

（三）保温层

（1）保温材料的品种、规格强度、容重（容重是规范原文用词，此处指表观密度）、导热系数、耐热性、含水率等性能指标应符合设计要求和规范的相关规定；直埋保温管聚

乙烯外护管的力学性能应符合设计要求。

（2）保温材料进场后，应由具有相应资质的检测单位在现场抽样测试，合格后方可使用。

【案例1K420132】

1. 背景

某城市供热管道工程，*DN*500mm，长4.6km，碳素钢管，其中有几处为穿越河流和一处穿越铁路（非专用线）干线，部位采用套管敷设；个别管道焊缝不具备水压试验条件；设计要求对管道焊缝质量用超声和射线两种方法进行无损检测。

2. 问题

（1）供热管道焊缝质量检验应怎样进行？本案例中哪些焊口应做100%无损检测？

（2）如该管道有返修后的焊缝，无损检测有什么要求？

（3）某管段焊缝用超声检测合格，用射线检测却不合格，该管道焊缝是否合格？

3. 参考答案

（1）按《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28—2014规定，供热管道焊缝质量检验应按对口质量检验、表面质量检验、无损检测、强度和严密性试验的次序进行。本案例中钢管与设备、管件连接处的焊缝，管线折点处现场焊接的焊缝，穿越河流、铁路和不具备水压试验条件管段的焊口要做100%的无损检测。

（2）对检验不合格的焊缝必须返修至合格，但同一部位焊缝的返修次数不得超过两次；除对不合格焊缝进行返修外，还应对形成该不合格焊缝的焊工所焊的其他焊缝按规定的检验比例、检验方法和检验标准加倍抽检，仍有不合格时，对该焊工所焊的全部焊缝进行无损探伤检验。

（3）不合格。依据《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28—2014规定，当使用超声和射线两种方法进行无损检测时，只要其中有一种检测不合格，该道焊缝即判定为不合格。

1K420133 柔性管道回填施工质量检查与验收

柔性管道是指在结构设计上需考虑管节和管周土体共同承担荷载的管道，在市政公用工程中通常指采用钢管、球墨铸铁管、化学建材（塑料）管等管材敷设的管道。柔性管道的沟槽回填质量控制是柔性管道工程施工质量控制的关键。

一、回填前的准备工作

（一）管道检查

回填前，检查管道有无损伤及变形，有损伤管道应修复或更换；管内径大于800mm的柔性管道，回填施工中应在管内设竖向支撑。中小管道应采取防止管道移动的措施。

（二）现场试验段

长度应为一个井段或不少于50m，按设计要求选择回填材料，特别是管道周围回填需用的中粗砂；按照施工方案的回填方式进行现场试验，以便确定压实机具（械）和施工参数；因工程因素变化改变回填方式时，应重新进行现场试验。

二、回填作业

（一）回填

（1）根据每层虚铺厚度的用量将回填材料运至槽内，且不得在影响压实的范围内堆料。

（2）管道两侧和管顶以上 500mm 范围内的回填材料，应由沟槽两侧对称运入槽内，不得直接扔在管道上；回填其他部位时，应均匀运入槽内，不得集中推入。

（3）需要拌合的回填材料，应在运入槽内前拌合均匀，不得在槽内拌合。

（4）管基有效支承角范围内应采用中粗砂填充密实，与管壁紧密接触，不得用土或其他材料填充。

（5）管道半径以下回填时应采取防止管道上浮、位移的措施；回填作业每层的压实遍数，按压实度要求、压实工具、虚铺厚度和土的含水量，经现场试验确定。

（6）管道回填时间宜在一昼夜中气温最低时段，从管道两侧同时回填，同时夯实。

（7）沟槽回填从管底基础部位开始到管顶以上 500mm 范围内，必须采用人工回填；管顶 500mm 以上部位，可用机具从管道轴线两侧同时夯实；每层回填高度应不大于 200mm。

（8）管道位于车行道下且铺设后即修筑路面或管道位于软土地层以及低洼、沼泽、地下水位高地段时，沟槽回填宜先用中、粗砂将管底腋角部位填充密实后，再用中、粗砂分层回填到管顶以上 500mm。

（二）压实

（1）压实时，管道两侧应对称进行，且不得使管道产生位移或损伤。

（2）同一沟槽中有双排或多排管道的基础底面位于同一高程时，管道之间的回填压实应与管道与槽壁之间的回填压实对称进行。

（3）同一沟槽中有双排或多排管道但基础底面的高程不同时，应先回填基础较低的沟槽；当回填至较高基础底面高程后，再按本条二、（二）（2）的规定回填。

（4）分段回填压实时，相邻段的接槎应呈台阶形，且不得漏夯。

（5）采用轻型压实设备时，应夯夯相连；采用压路机时，碾压的重叠宽度不得小于 200mm。

（6）采用重型压实机械压实或较重车辆在回填土上行驶时，管道顶部以上应有一定厚度的压实回填土，其最小厚度应按压实机械的规格和管道的设计承载力，通过计算确定。

三、质量检验标准

（1）回填材料应符合设计要求：

检查方法：观察。按国家有关规范规定和设计要求进行检查，检查检测报告。

检查数量：条件相同的回填材料，每铺筑 1000m^2，应取样一次，每次取样至少应做两组测试；回填材料条件变化或来源变化时，应分别取样检测。

（2）沟槽不得带水回填，回填应密实：

检查方法：观察，检查施工记录。

（3）柔性管道的变形率不得超过设计要求，钢管或球墨铸铁管道变形率应不超过 2%、化学建材管道变形率应不超过 3%。管壁不得出现纵向隆起、环向扁平和其他变形情况。

检查方法：观察，方便时用钢尺直接量测，不方便时用圆度测试板或芯轴仪管内拖拉

量测管道变形值；检查记录和技术处理资料。

检查数量：试验段（或初始50m）不少于3处；每100m正常作业段（取起点、中间点、终点近处），每处平行测量3个断面，取其平均值。

（4）回填土压实度应符合设计要求，当设计无要求时，应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 表4.6.3-1、表4.6.3-2的规定。

四、变形检测与超标处理

（一）变形检测

柔性管道回填至设计高程时应在12～24h内测量并记录管道变形率。

（二）变形超标的处理措施

变形率应符合设计要求，设计无要求时：

（1）钢管或球墨铸铁管道变形率超过2%但不超过3%时，化学建材管道变形率超过3%但不超过5%时。

1）挖出回填材料至露出管径85%处，管道周围应人工挖掘以避免损伤管壁。

2）挖出管节局部有损伤时，应进行修复或更换。

3）重新夯实管道底部的回填材料。

4）选用适合回填材料按《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008第4.5.11条的规定重新回填施工，直至设计高程。

5）按规定重新检测管道的变形率。

（2）钢管或球墨铸铁管道的变形率超过3%时，化学建材管道变形率超过5%时，应挖出管道，并会同设计研究处理。

1K420134 城市管廊施工质量检查与验收

城市管廊是建于城市地下用于容纳两类及两类以上城市工程管线的构筑物及附属设施，一般采用明挖法、盾构法、浅埋暗挖法等施工方法。明挖法包括现浇钢筋混凝土结构、预制拼装钢筋混凝土结构等。

一、一般规定

（1）综合管廊施工质量验收应在施工单位自检合格基础上，按检验批、分项工程、分部（子分部）工程、单位（子单位）工程的顺序进行。

（2）工程所用的主要原材料、半成品、构配件、设备等产品，进入施工现场时必须进行验收，验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。混凝土、砂浆、防水涂料等材料应经检测合格后方可使用。

（3）临时水准点、轴线控制桩及综合管廊施工的定位桩、高程桩，必须经过复核方可使用，并应经常校核。施工测量的允许偏差应满足国家现行标准的有关规定，有特定要求的综合管廊施工测量还应遵守其特殊规定。

（4）管道附属设备安装前应对有关设备基础、预埋件、预留孔的位置、高程、尺寸进行复核。

（5）综合管廊防水工程的施工及验收应按《地下防水工程质量验收规范》GB 50208—2011的相关规定执行。

二、基础工程

（一）降水排水

（1）沟槽（基坑）的降水排水应符合下列规定：

1）降水前应根据工程地质、水文地质资料制定施工降水方案，必要时应做抽水试验，验证渗透系数及水力坡降曲线，以保证沟槽（基坑）地下水位降至坑底 0.5m 以下。

2）通过水位观测井观测，降水深度满足沟槽（基坑）开挖条件后进行土方开挖。

3）沟槽（基坑）受承压水影响时，应进行承压水降压计算，对承压水降压的影响进行评估，并在开挖前检查承压水的降压情况。

4）综合管廊不具备抗浮条件时，施工期间严禁停止降水排水。

（2）冬期施工应对降水排水系统采取防冻措施，停止抽水时应及时将泵体及进出水管内的存水放空。

（3）降水排水施工终止抽水后，排水井及拔出井点管所留的孔洞，应及时用砂、石等填实；地下静水位以上部分，可用黏土填实。

（二）基坑开挖及支护

（1）综合管廊工程沟槽（基坑）开挖前，应根据围护结构的类型、工程水文地质条件、施工工艺和地面荷载等因素制定安全专项施工方案，经审批后方可施工。

（2）土石方爆破必须按照国家有关部门规定，由具有相应资质的单位进行施工。

（3）沟槽（基坑）支护应符合下列规定：

1）支护结构应具有足够的强度、刚度和稳定性。

2）支护部件的型号、尺寸、支撑点的布设位置，各类桩的入土深度及锚杆的长度和直径等应经计算确定。

3）围护墙体、支撑围檩、支撑端头处设置传力构造，围檩及支撑不应偏心受力，围檩集中受力部位应经计算确定。

（4）沟槽（基坑）开挖应符合下列规定：

1）沟槽（基坑）开挖应按支护结构设计规定的施工顺序和开挖深度分层开挖，并应遵守“对称平衡、分层分段（块）、限时挖土、限时支撑”的原则。

2）沟槽（基坑）的支撑应遵循“开槽支撑、先撑后挖、分层开挖、严禁超挖”的原则。

3）采用明排降水的沟槽（基坑），当边坡土体出现裂缝、沉降失稳等征兆时，必须立即停止开挖，进行加固、削坡等处理。

（5）综合管廊垫层、基础、底板施工前应对基底轴线位置、沟槽（基坑）几何尺寸及标高进行复验。基底不应浸泡或受冻，不得扰动、超挖，地基承载力应符合设计要求。综合管廊的地基处理施工及质量验收应满足《建筑地基工程施工质量验收规范》GB 50202—2018 的规定。

（6）沟槽（基坑）回填应符合下列规定：

1）基坑回填应在综合管廊结构及防水工程验收合格后及时进行。回填材料及密实度应符合设计要求和有关规范规定。

2）综合管廊两侧回填应对称、分层、均匀。管廊顶板上部 1000mm 范围内回填材料应采用人工分层夯实，禁止大型压路机直接在管廊顶板上部施工。

3）综合管廊回填土压实度应符合设计要求。当设计无要求时，应符合表 1K420134-1

的规定。

综合管廊回填土压实度 表 1K420134-1

检查项目		压实度(%)	检查频率		检查方法
			范围	组数	
1	绿化带下	≥ 90	管廊两侧回填土按50m/层	1(三点)	环刀法
2	人行道、机动车道下	≥ 95		1(三点)	环刀法

(7)沟槽(基坑)工程监测对象应包括支护结构、基坑及周围岩土体、地下水、周边环境中的被保护对象(包括周边建筑、管线、轨道交通、铁路及重要的道路等)、其他应监测的对象等。监测项目、监测点的布置、监测方法及精度等要求应符合《建筑基坑工程监测技术标准》GB 50497—2019 的规定。

三、现浇钢筋混凝土结构

(一)模板工程

(1)综合管廊模板施工前,应根据结构形式、施工工艺、设备和材料供应条件进行模板及其支架设计。

(2)模板及其支撑设计应满足浇筑混凝土时的承载力、刚度和稳定性要求,且安装牢固。各部位模板安装位置正确,拼缝紧密不漏浆;对拉螺栓、间隔件等安装稳固;模板上的预埋件、预留孔洞不得遗漏。

(3)浇筑混凝土前,模板内杂物应进行清理并涂刷隔离剂,模板和支架应进行稳定性、安全性验收,合格后方可进行下一道工序。

(二)钢筋工程

(1)钢筋进场时,应按国家现行相关标准规定抽取试件作力学性能和重量偏差检验,检验结果应符合有关标准规定。

(2)受力钢筋的连接方式应符合设计要求,当设计无要求时,应优先选择机械连接、焊接。不具备机械连接、焊接连接条件时,可采用绑扎搭接连接,但受拉构件中的主钢筋不得采用绑扎连接。

(3)钢筋工程施工及验收应按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 中规定执行,当钢筋采用机械连接、焊接连接时,还应按照《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107—2016、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18—2012 的规定抽取钢筋机械连接接头、焊接接头的外观进行检查,其质量应符合相关标准的规定。

(三)混凝土工程

(1)混凝土浇筑入模时应防止离析,连续浇筑时每层浇筑高度应满足振捣密实的要求。浇筑预留孔、预埋管、预埋件及止水带等周边混凝土时,应辅助人工插捣。

(2)混凝土底板和顶板,应连续浇筑不得留置施工缝;设计有变形缝时,应按变形缝分仓浇筑。

(3)现浇混凝土拆模后应由建设(监理)单位、施工单位对外观质量和尺寸偏差进行检查。混凝土施工质量验收标准应按照《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 中的规定执行。

(4)现浇结构不应有影响管廊结构性能、使用功能和设备安装的尺寸偏差,对超出尺

寸偏差且影响结构性能和安装、使用功能的部位，应由施工单位提出技术处理方案，经建设（监理）单位认可后及时进行处理。

四、预制拼装钢筋混凝土结构

（1）预制构件应符合下列规定：

1）预制构件制作单位应具备相应的生产工艺设施，并应有完善的质量管理体系和试验检测设备。

2）预制构件堆放的场地应平整、坚实，并具有良好的排水措施。

3）预制构件的标识应朝向外侧。预制构件应在明显部位标明生产单位、构件型号、生产日期、质量标准和检验结果。构件的预埋件、插筋和预留孔洞的规格、位置和数量应符合设计要求。

4）预制构件不应有影响管廊结构性能、使用功能和设备安装的尺寸偏差，对超出尺寸偏差且影响结构性能、安装及使用功能的部位，应由施工单位提出技术处理方案，经建设（监理）单位认可后及时进行处理。

5）预制构件安装前应对其外观、裂缝等情况进行复验，并应按设计要求及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的有关规定进行结构性能检验。当构件上有裂缝且宽度超过 0.2mm 时，应进行鉴定。

（2）预制装配式钢筋混凝土构件的模板，应采用精加工的钢模板。

（3）构件运输及吊装时的混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时，不应低于设计强度的 75%。

（4）预制构件和现浇结构之间、预制构件之间的连接应按设计要求进行施工。连接处钢筋或预埋件采用焊接或机械连接时，接头质量应符合《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107—2016、《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18—2012 的规定。

（5）预制构件承受内力的接头和拼缝，当其混凝土强度未达到设计要求时，不得吊装上一层结构构件；当设计无具体要求时，应在混凝土强度不小于 10MPa 或具有足够的支撑时方可吊装上一层结构件。已完成的装配式管廊结构应在混凝土强度达到设计要求后，方可承受全部设计荷载。

（6）预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及《钢结构设计标准》GB 50017—2017 和《钢结构工程施工质量验收标准》GB 50205—2020 的有关规定。

五、预应力工程

（1）预应力筋张拉或放张时，混凝土强度应符合设计要求。当设计无要求时，不应低于设计的混凝土立方体抗压强度标准值的 75%。

（2）预应力筋张拉锚固后，实际建立的预应力值与设计规定检验值的相对允许偏差应为 ±5%。

（3）后张法有粘结预应力筋张拉后应尽早进行孔道灌浆，孔道内水泥浆应饱满、密实。

（4）锚具的封闭保护应符合设计要求。当设计无要求时，应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的有关规定。

六、砌体结构

（1）砌体结构所用的材料应符合下列规定：

1）石材强度等级不应低于 MU40，并应质地坚实，无风化削层和裂纹。

2）砌筑砂浆应采用水泥砂浆，强度等级应符合设计要求，且不应低于 M10。

（2）砌体结构中的预埋管、预留洞口结构应采取加强措施，并应采取防渗措施。

（3）砌体结构的砌筑施工及验收应符合《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203—2011 及《砌体结构通用规范》GB 55007—2021 的相关规定和设计要求。

七、盾构法

（1）综合管廊采用盾构法施工，应根据管廊的断面设计、工程地质和水文地质条件、沿线地形、建（构）筑物、地下管线等环境条件以及地层变形的控制要求，结合开挖、衬砌、施工安全、经济和工期等因素进行盾构选型和确定配套设备。

（2）综合管廊盾构法施工及验收应按照《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446—2017 的规定执行。

（3）综合管廊二次结构施工应符合设计及国家现行相关标准的要求。

八、浅埋暗挖法

（一）一般规定

（1）工程施工应根据水文地质、工程地质条件、对周边建筑物影响等因素选择开挖方式和支护方式，并应符合下列要求：

1）根据围岩及周边环境条件，优先选用单侧壁导洞法、双侧壁导洞法或预留核心土开挖法；围岩的完整性较好时，可采用多台阶开挖，不宜采用全断面法开挖。

2）开挖后应尽快施作锚杆、喷射混凝土、敷设钢筋网及支撑；当采用复合衬砌时，应加强初期锚喷支护。

3）锚喷支护或构件支撑，应尽量靠近开挖面，其距离应小于 1 倍洞径。

（2）浅埋段地质条件较差时，宜采用地表锚杆、管棚、超前小导管、注浆加固围岩等辅助工艺施工。

（3）洞内、洞外排水系统必须联通，排水通畅。

（二）洞身开挖

（1）管廊洞身开挖断面的中线、高程必须符合设计要求。开挖轮廓线力求圆顺，应预留围岩变形量，以防止出现净空不够的情况。

（2）管廊洞身开挖应合理确定开挖步骤和循环进尺，保持各工序相互衔接。

（3）应尽量减少超挖，超挖部分必须按要求回填密实。

（4）采用分部开挖时，应在初期支护喷射混凝土强度达到设计强度 70% 以上时，方可进行下一分部开挖。

（三）初期支护

（1）选择支护方式时，优先选用锚杆、喷射混凝土或锚喷联合等方式。当地质条件差，围岩不稳定时，可采用构件支撑。

（2）喷射混凝土施工时应分段、分片，由下而上，依次进行，混合料应随拌随喷。

（3）一次喷射混凝土厚度要适当，符合要求。喷射混凝土应与围岩紧密粘结，结合牢固，不能有空洞，必要时应进行粘结力测试。

（4）喷射混凝土应进行初期养护，喷射后 4h 内不得进行爆破作业。

（5）钢架（格栅）安装的位置、接头连接应符合设计要求，钢架（格栅）安装不得侵

入二次衬砌断面。

（6）对锚杆的抗拔力、灌浆强度、孔径应经检查验收合格，灌浆应密实饱满。锚杆插入孔内的长度不得小于设计长度的95%，锚杆长度不得小于设计值。

（四）二次衬砌

（1）管廊衬砌施工时，其中线、标高、断面尺寸和净空大小均应符合设计要求。

（2）管廊衬砌施工缝应与设计沉降缝、变形缝结合布置，在有地下水的隧道中，所有施工缝、沉降缝、变形缝应进行防水处理。

九、附属结构

（1）一般规定：

1）综合管廊的附属构筑物主要有：各类检查井、投料口、出线口、通风口、排风口、接地体（线）、支墩和栏杆等。

2）综合管廊附属工程验收时应检查下列文件：

① 施工图设计说明及其他设计文件。

② 材料的产品合格证书、性能检测报告、进场验收记录和复验报告。

③ 隐蔽工程验收记录。

④ 施工记录。

（2）综合管廊的检查井、投料口、出线口、通风口、排风口等工程采用现浇混凝土结构的井室施工应符合下列规定：

1）浇筑前，钢筋、模板工程检验合格。

2）振捣密实，无漏振、走模、漏浆等现象。

3）浇筑后及时养护，强度等级未达到设计要求不得受力。

4）浇筑时应同时安装踏步，踏步安装后在混凝土强度未达到规定抗压强度前不得踩踏。

（3）有支线、连接管线接入井室，应在井室施工过程中安装预留支管、连接管，预留管的管径、方向、高程应符合设计要求，管与井壁衔接处应严密，符合防水要求。

（4）综合管廊预埋过路排管的管口无毛刺和尖锐棱角。排管弯制后不应有裂缝和显著的凹瘪现象，其弯扁程度不宜大于排管外径的10%。

（5）电缆排管的连接应符合下列规定：

1）金属电缆排管不得直接对焊，应采用套管焊接的方式，连接时应管口对准、连接牢固，密封良好。套接的短套管或带螺纹的管接头的长度，不应小于排管外径的2.2倍。

2）硬质塑料管在套接或插接时，其插入深度宜为排管内径的1.1～1.8倍。插接面上应涂以胶合剂粘牢密封。

3）水泥管宜采用管箍或套接方式连接，管孔应对准，接缝应严密，管箍应设置防水垫密封。

（6）电缆支架的加工应符合下列要求：

1）钢材应平直，无明显扭曲。加工尺寸符合设计要求，切口应无卷边、毛刺。

2）支架焊接应牢固，无显著变形。各横撑间的垂直净距与设计偏差不应大于5mm。水平净距与设计左右偏差不应大于10mm。

3）金属电缆支架应进行防腐处理。

（7）电缆支架应安装牢固，横平竖直。各支架的同层横挡应在同一水平面上，其高低偏差不应大于 5mm。

（8）仪表工程的安装应符合《自动化仪表工程施工及质量验收规范》GB 50093—2013 的有关规定。

（9）电气设备、照明、接地施工安装及验收应符合《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收标准》GB 50168—2018、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303—2015、《建筑电气照明装置施工与验收规范》GB 50617—2010 和《电气装置安装工程 接地装置施工及验收规范》GB 50169—2016 的有关规定。

（10）火灾自动报警系统施工及验收应符合《火灾自动报警系统施工及验收标准》GB 50166—2019 的有关规定。

（11）通风系统施工及验收应符合《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》GB 50275—2010 和《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243—2016 的有关规定。

（12）井盖选用的型号、材质应符合设计要求。设计未有要求时，宜采用标志明显的球墨铸铁井盖；道路上的井室必须采用重型井盖，装配牢固。

十、管线安装工程

（一）一般规定

（1）纳入综合管廊的金属管道应进行防腐处理。

（2）管线配套检测设备、控制执行机构或监控系统应设置与综合管廊监控与报警系统联通的信号传输接口。

（二）给水、再生水管道

（1）给水、再生水管道可选用钢管、球墨铸铁管、塑料管等。接口宜采用刚性连接，钢管可采用沟槽式连接。

（2）管道的施工及验收应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 的有关规定。

（三）排水管渠

（1）排水管渠进入综合管廊前，应设置检修闸门或闸槽。

（2）雨水、污水管道可选用钢管、球墨铸铁管、塑料管等。压力管道宜采用刚性连接，钢管可采用沟槽式连接。

（3）雨水、污水管道施工完毕后应进行功能性试验。

（4）排水管道施工及验收应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 的有关规定。

（四）天然气管道

（1）天然气管道应采用无缝钢管，连接宜采用焊接，焊缝检测要求应符合表 1K420134-2 的规定。

焊缝检测要求 表 1K420134-2

压力级别（MPa）	环焊缝无损检测比例	
$0.8 < P \leq 1.6$	100% 射线检验	100% 超声检验
$0.4 < P \leq 0.8$	100% 射线检验	100% 超声检验

续表

压力级别（MPa）	环焊缝无损检测比例	
$0.01 < P \leq 0.4$	100% 射线检验或 100% 超声检验	—
$P \leq 0.01$	100% 射线检验或 100% 超声检验	—

（2）天然气调压装置不应设置在综合管廊内。

（3）天然气管道施工及验收应符合《燃气工程项目规范》GB 55009—2021 和《城镇燃气输配工程施工及验收规范》CJJ 33—2005 的有关规定，焊缝的射线检测应符合《承压设备无损检测　第 2 部分：射线检测》NB/T 47013.2—2015 的有关规定。

（五）热力管道

（1）热力管道应采用无缝钢管、保温层及外护管紧密结合成一体的预制管。

（2）热力管道附件必须进行保温。

（3）热力管道及配件保温材料应采用难燃材料或不燃材料。

（4）热力管道施工及验收应符合《供热工程项目规范》GB 55010—2021 和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28—2014 的有关规定。

（六）电力电缆

（1）电力电缆应采用阻燃电缆或不燃电缆。

（2）在电缆接头处应设置自动灭火装置。

（3）电力电缆施工及验收应符合《电气装置安装工程 电缆线路施工及验收规范》GB 50168—2018 和《电气装置安装工程 接地装置施工及验收标准》GB 50169—2016 的有关规定。

（七）通信电缆

（1）通信电缆采用阻燃线缆。

（2）通信管线施工及验收应符合《综合布线系统工程验收规范》GB/T 50312—2016、《通信线路工程验收规范》GB 51171—2016 和《光缆进线室验收规定》YD/T 5152—2007 的有关规定。

1K420135　城市非开挖管道施工质量检查与验收

一、顶管施工质量控制

（一）开始顶进前准备工作

（1）全部设备经过检查、试运转。

（2）顶管机在导轨上的中心线、坡度和高程应符合要求。

（3）防止流动性土或地下水由洞口进入工作井的技术措施。

（4）拆除洞口封门的准备措施。

（二）顶管进、出工作井质量控制

（1）应保证顶管进、出工作井和顶进过程中洞圈周围的土体稳定。

（2）应考虑顶管机的切削能力。

（3）洞口周围土体含地下水时，若条件允许可采取降水措施，或采取注浆等措施加固土体以封堵地下水；在拆除封门时，顶管机外壁与工作井洞圈之间应设置洞口止水装置，

防止顶进施工时泥水渗入工作井。

（4）工作井洞口封门拆除应符合下列规定：

1）钢板桩工作井，可拔起或切割钢板桩露出洞口，并采取措施防止洞口上方的钢板桩下落。

2）工作井的围护结构为沉井工作井时，应先拆除洞圈内侧的临时封门，再拆除井壁外侧的封板或其他封填物。

3）在不稳定土层中顶管时，封门拆除后应将顶管机立即顶入土层。

（5）拆除封门后，顶管机应连续顶进，直至洞口及止水装置发挥作用为止。

（6）在工作井洞口范围可预埋注浆管，管道进入土体之前可预先注浆。

（三）顶进作业质量控制

（1）应根据土质条件、周围环境控制要求、顶进方法、各项顶进参数和监控数据、顶管机工作性能等，确定顶进、开挖、出土的作业顺序和调整顶进参数。

（2）掘进过程中应严格量测监控，实施信息化施工，确保开挖掘进工作面的土体稳定和土（泥水）压力平衡；并控制顶进速度、挖土和出土量，减少土体扰动和地层变形。

（3）采用敞口式（手工掘进）顶管机，在允许超挖的稳定土层中正常顶进时，管下部135°范围内不得超挖，管顶以上超挖量不得大于15mm。

（4）管道顶进过程中，应遵循“勤测量、勤纠偏、微纠偏”的原则，控制顶管机前进方向和姿态，并应根据测量结果分析偏差产生的原因和发展趋势，确定纠偏的措施。

（5）开始顶进阶段，应严格控制顶进的速度和方向。

（6）进入接收工作井前应提前进行顶管机位置和姿态测量，并根据进口位置提前进行调整。

（7）在软土层中顶进混凝土管时，为防止管节飘移，宜将前3～5节管体与顶管机连成一体。

（8）钢筋混凝土管接口应保证橡胶圈正确就位；钢管接口焊接完成后，应进行防腐层补口施工，焊接及防腐层检验合格后方可顶进。

（9）应严格控制管道线形，对于柔性接口管道，其相邻管间转角不得大于该管材的允许转角。

（四）纠偏基本要领

（1）及时纠偏和小角度纠偏。

（2）挖土纠偏和调整顶进合力方向纠偏。

（3）纠偏时开挖面土体应保持稳定；采用挖土纠偏方式，超挖量应符合地层变形控制和施工设计要求。

（4）刀盘式顶管机纠偏时，可采用调整挖土方法，调整顶进合力方向，改变切削刀盘的转动方向，在管内相对于机头旋转的反向增加配重等措施。

（五）顶管管道贯通后质量控制

（1）工作井中的管端应按下列规定处理：

1）进入接收工作井的顶管机和管端下部应设枕垫。

2）管道两端露在工作井中的长度不小于0.5m，且不得有接口。

3）工作井中露出的混凝土管道端部应及时浇筑混凝土基础。

（2）顶管结束后进行触变泥浆置换时，应采取下列措施：

1）采用水泥砂浆、粉煤灰水泥砂浆等易于固结或稳定性较好的浆液置换泥浆填充管外侧超挖、塌落等原因造成的空隙。

2）拆除注浆管路后，将管道上的注浆孔封闭严密。

3）将全部注浆设备清洗干净。

（3）钢筋混凝土管顶进结束后，管道内的管节接口间隙应按设计要求处理；设计无要求时，可采用弹性密封膏密封，其表面应抹平、不得凸入管内。

（六）顶管管道质量检验标准

（1）管节及附件等工程材料的产品质量应符合国家有关标准的规定和设计要求。

（2）接口橡胶圈安装位置正确，无位移、脱落现象；钢管的接口焊接质量应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 中第 5 章的相关规定，焊缝无损检测符合设计要求。

（3）无压管道的管底坡度无明显反坡现象，曲线顶管的实际曲率半径符合设计要求。

（4）管道接口端部应无破损、顶裂现象，接口处无滴漏。

（5）管道内应线形平顺，无突变、变形现象；一般缺陷部位，应修补密实、表面光洁；管道无明显渗水和水珠现象。

（6）管道与工作井出、进洞口的间隙连接牢固，洞口无渗漏水。

（7）钢管防腐层及焊缝处的外防腐层及内防腐层质量验收合格。

（8）有内防腐层的钢筋混凝土管道，防腐层应完整、附着紧密。

（9）管道内应清洁，无杂物、油污。

（10）顶管施工贯通后管道的允许偏差应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 表 6.7.3 的规定。

二、定向钻施工质量控制

（一）定向钻施工质量控制要点

（1）导向孔钻进应符合下列规定：

1）钻机必须先进行试运转，确定各部分运转正常后方可钻进。

2）第一根钻杆入土钻进时，应采取轻压慢转的方式，稳定钻进导入位置和保证入土角，且入土段和出土段应为直线钻进，其直线长度宜控制在 20m 左右。

3）钻孔时应匀速钻进，并严格控制钻进给进力和钻进方向。

4）每进一根钻杆应进行钻进距离、深度、侧向位移等的导向探测，曲线段和有相邻管线段应加密探测。

5）保持钻头正确姿态，发生偏差应及时纠正，且采用小角度逐步纠偏；钻孔的轨迹偏差不得大于终孔直径，超出误差允许范围宜退回进行纠偏。

6）绘制钻孔轨迹平面、剖面图。

（2）扩孔应符合下列规定：

1）从出土点向入土点回扩，扩孔器与钻杆连接应牢固。

2）根据管径、管道曲率半径、地层条件、扩孔器类型等确定一次或分次扩孔方式；分次扩孔时每次回扩的级差宜控制在 100～150mm，终孔孔径宜控制在回拖管节外径的 1.2～1.5 倍。

3）严格控制回拉力、转速、泥浆流量等技术参数，确保成孔稳定和线形要求，无坍孔、缩孔等现象。

4）扩孔孔径达到终孔要求后应及时进行回拖管道施工。

（3）回拖应符合下列规定：

1）从出土点向入土点回拖。

2）回拖管段的质量、拖拉装置安装及其与管段连接等经检验合格后，方可进行拖管。

3）严格控制钻机回拖力、扭矩、泥浆流量、回拖速率等技术参数，严禁硬拉硬拖。

4）回拖过程中应有发送装置，避免管段与地面直接接触和减小摩擦力；发送装置可采用水力发送沟、滚筒管架发送道等形式，并确保进入地层前的管段曲率半径在允许范围内。

（4）定向钻施工的泥浆（液）配制应符合下列规定：

1）导向钻进、扩孔及回拖时，及时向孔内注入泥浆（液）。

2）泥浆（液）的材料、配合比和技术性能指标应满足施工要求，并可根据地层条件、钻头技术要求、施工步骤进行调整。

3）泥浆（液）应在专用的搅拌装置中配制，并通过泥浆循环池使用；从钻孔中返回的泥浆经处理后回用，剩余泥浆应妥善处置。

4）泥浆（液）的压力和流量应按施工步骤分别进行控制。

（5）出现下列情况时，必须停止作业，待问题解决后方可继续作业：

1）设备无法正常运行或损坏，钻机导轨、工作井变形。

2）钻进轨迹发生突变、钻杆发生过度弯曲。

3）回转扭矩、回拖力等突变，钻杆扭曲过大或拉断。

4）坍孔、缩孔。

5）待回拖管表面及钢管外防腐层损伤。

6）遇到未预见的障碍物或意外的地质变化。

7）地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制允许值。

（二）定向钻施工管道质量检验标准

（1）管节、防腐层等工程材料的产品质量应符合国家相关标准的规定和设计要求。

（2）管节组对拼接、钢管外防腐层（包括焊口补口）的质量经检验（验收）合格。

（3）钢管接口焊接与聚乙烯管、聚丙烯管接口熔焊检验符合设计要求，管道水压试验合格。

（4）管段回拖后的线形应平顺，无突变、变形现象，实际曲率半径符合设计要求。

（5）导向孔钻进、扩孔、管段回拖及钻进泥浆（液）等符合施工方案要求。

（6）管段回拖力、扭矩、回拖速度等应符合施工方案要求，回拖力无突升或突降现象。

（7）布管和发送管段时，钢管防腐层无损伤，管段无变形；回拖后拉出暴露的管段防腐层结构应完整、附着紧密。

（8）定向钻施工管道的允许偏差应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 表 6.7.12 的规定。

三、夯管施工质量控制

（一）夯管施工质量控制要点

（1）第一节管入土层时应检查设备运行工作情况，并控制管道轴线位置；每夯入 1m 应进行轴线测量，其偏差控制在 15mm 以内。

（2）后续管节夯进应符合下列规定：

1）第一节管夯至规定位置后，将连接器与第一节管分离，吊入第二节管进行与第一节管接口焊接。

2）后续管节每次夯进前，应待已夯入管与吊入管的管节接口焊接完成，按设计要求进行焊缝质量检验和外防腐层补口施工后，方可与连接器及穿孔机连接夯进施工。

3）后续管节与夯入管节连接时，管节组对拼接、焊缝和补口等质量应经检验合格，并控制管节轴线，避免偏移、弯曲。

4）夯管时，应将第一节管夯入接收工作井不少于 500mm，并检查露出部分管节的外防腐层及管口损伤情况。

（3）管节夯进过程中应严格控制气动压力、夯进速率，气压必须控制在穿孔机工作气压定值内，并应及时检查导轨变形情况以及设备运行、连接器连接、导轨面与滑块接触情况等。

（4）夯管完成后进行排土作业，排土方式采用人工结合机械方式排土；小口径管道可采用气压、水压方法；排土完成后应进行余土、残土的清理。

（5）出现下列情况时，必须停止作业，待问题解决后方可继续作业：

1）设备无法正常运行或损坏，导轨、工作井变形。

2）气动压力超出规定值。

3）穿孔机在正常的工作气压、频率、冲击功等条件下，管节无法夯入或变形、开裂。

4）钢管夯入速率突变。

5）连接器损伤、管节接口破坏。

6）遇到未预见的障碍物或意外的地质变化。

7）地层、邻近建（构）筑物、管线等周围环境的变形量超出控制值。

（二）夯管施工管道质量检验标准

（1）管节、焊材、防腐层等工程材料的产品应符合国家相关标准的规定和设计要求。

（2）钢管组对拼接、外防腐层（包括焊口补口）的质量经检验（验收）合格，钢管接口焊接检验符合设计要求。

（3）管道线形应平顺，无变形、裂缝、突起、突弯、破损现象；管道无明显渗水现象。

（4）管内应清理干净，无杂物、余土、污泥、油污等；内防腐层的质量经检验（验收）合格。

（5）夯出的管节外防腐结构层完整、附着紧密，无明显划伤、破损等现象。

（6）夯入的起始管节，其轴向水平位置、管中心高程的允许偏差应控制在 ±20mm 范围内。

（7）夯锤的锤击力、夯进速度应符合施工方案要求；承受锤击的管端部无变形、开裂、残缺等现象，并满足接口组对焊接的要求。

（8）夯管贯通后的管道的允许偏差应符合《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268—2008 表 6.7.13 的规定。

1K420140　市政公用工程施工安全管理

1K420141　施工安全风险识别与预防措施

一、安全风险评估

（一）市政公用工程特点与安全控制重点

（1）市政公用工程施工有三大特点：一是产品固定，人员流动；二是露天作业多，受作业环境影响大；三是施工场地限定，施工动态变化大，规则性差，不安全因素随工程进度变化而变化。基于上述特点，施工现场必须随着工程进度的推进，及时调整安全防护设施和各项安全措施，方能确保安全生产。

（2）按照企业职工伤亡事故分类标准，我国将职业伤害事故分成 20 类，主要有：物体打击、车辆伤害、机械伤害、起重伤害、触电、淹溺、灼烫、火灾、高处坠落、坍塌、冒顶片帮、透水、放炮、火药爆炸、瓦斯爆炸、锅炉爆炸、容器爆炸、其他爆炸、中毒和窒息以及其他伤害。其中高处坠落、物体打击、触电、机械伤害、坍塌、中毒和窒息、火灾是市政公用工程施工项目最常见的职业伤害事故：

1）高处坠落是作业人员从 2m 以上（含 2m）的高处发生坠落造成人身伤亡的事故。根据高处作业人员工作时所处的部位不同，常见的高处作业坠落事故易发生在临边作业、“四口”（楼梯口、电梯口、预留洞口、通道口）作业、攀登作业、悬空作业、操作平台作业等处。

2）触电通常是指人体直接触及电源或高压电经过空气或其他导电介质传递电流通过人体时引起的组织损伤和功能障碍，重者会发生心跳和呼吸骤停。常见的触电事故主要有三种情形：一是施工人员触碰老化、破损电线或电缆线触电；二是触碰绝缘损坏的各类电器设备触电；三是高压防护不当而造成电弧或跨步电压触电。

3）物体打击是由失控物体的惯性力造成人身伤亡的事故，交叉作业时常有发生。

4）机械伤害是各类施工机械设备和工具直接与人体接触造成伤亡的事故。

5）坍塌是指建筑物、构筑物、土石方、基坑（槽）边坡、脚手架、模板和承重支架等倒塌引起的事故。

6）中毒和窒息是指有毒物进入人体引起危及生命的急性中毒，以及在缺氧条件下发生的窒息。有限空间作业中常有发生。

7）火灾是指在时间和空间上失去控制的燃烧，造成人身伤亡的事故。

（3）影响施工安全生产的因素主要有：施工中人的不安全行为、物的不安全状态、作业环境的不安全因素和管理缺陷。项目部应从人、物、环境和管理等方面采取有针对性的控制，把好安全生产“六关”，即措施关、交底关、教育关、防护关、检查关、改进关。

人是生产活动的主体，人的素质是影响工程施工安全的一个重要因素。实行企业资质管理、安全生产许可证管理和各类专业人员持证上岗制度是保证人员素质的重要管理措施。

物的控制包括对施工机具（械）、材料、设备、安全防护用品等物资的控制，是工程建设物资条件和安全生产的基础。

环境条件往往会对工程施工安全产生特定的影响，环境因素包括：工程技术环境（如地质、水文、气象等），工程作业环境（如作业面大小、防护设施、通风、通信等），现场自然环境（如冬期、雨期等），工程周边环境［如邻近地下管线、建（构）筑物等］。针对环境条件，采取必要的措施，是控制环境对施工安全影响的重要保证。

管理的控制主要指加强施工安全管理，建立、持续改进和严格执行安全生产规章制度，这是安全生产的基本保证。

（二）安全风险识别

（1）安全风险是指施工过程中危害事件发生的可能性及其引发的后果严重性的组合。危害事件指可能带来人员伤亡、职业病、财产损失或者作业环境破坏的根源或状态的事件；从本质上讲，就是存在能量、有害物质和能量、有害物质失去控制而导致的意外释放或有害物质的泄漏、散发的危险和有害因素。

危险和有害因素是对人造成伤亡、影响人的身体健康甚至导致疾病的因素，也是引起或增加安全风险事件发生的机会或扩大损失幅度的原因和条件。施工过程中的危险和有害因素分为：人的因素、物的因素、环境因素、管理因素。

1）人的因素——泛指人员失误，就是人的不安全行为（即人在劳动过程中，违反劳动纪律、操作规程、程序和方法等具有危险性的做法）。人员失误在一定经济、技术条件下，是引发危险、危害因素的重要因素，具有随机性和偶然性，但发生人员失误的规律和失误率通过大量的观测、统计和分析是可以预测的。

2）物的因素——泛指物的故障或缺陷（包括生产、控制、安全装置和辅助设施等），是指系统、设备、元件等在运行过程中由于性能（含安全性能）低下而不能实现预定功能（包括安全功能）的现象。故障的发生具有随机性、渐近性或突发性，故障的发生是一种随机事件，但故障发生的规律是可知的，通过定期检查、维修保养和分析总结可使多数故障在预定期间内得到控制（避免或减少）。

3）管理因素——泛指管理缺陷，管理缺陷是影响失控引发危险、危害因素的重要因素，但可以通过持续改进提高管理工作而得到控制（避免或减少）。

4）环境因素——室内外、地下及其他施工作业环境中的温度、湿度、风雨雪、照明、视野、噪声、振动、通风换气、色彩等环境因素都会引起设备故障或人员失误，是发生失控引发危险、危害因素的间接因素。

（2）安全风险识别与分析：

安全风险识别与分析是对项目存在的主要危害事件、危险和有害因素进行识别和分析，并建立项目的安全风险清单。

1）安全风险识别前应广泛收集相关资料，主要包括：

①项目家和地方法律法规、标准规范和相关文件。

②项目组织机构、岗位、人员、职责设置和各项规章制度。

③项目执行的标准、操作规程、工艺流程。

④项目主要施工机械、设备、设施、物资。

⑤项目勘察文件、设计文件、合同文件、施工组织设计（方案）。

⑥ 项目周边环境资料、现场勘察资料。

⑦ 其他相关资料。

2）安全风险识别与分析：

① 安全风险识别与分析流程见图 1K420141。

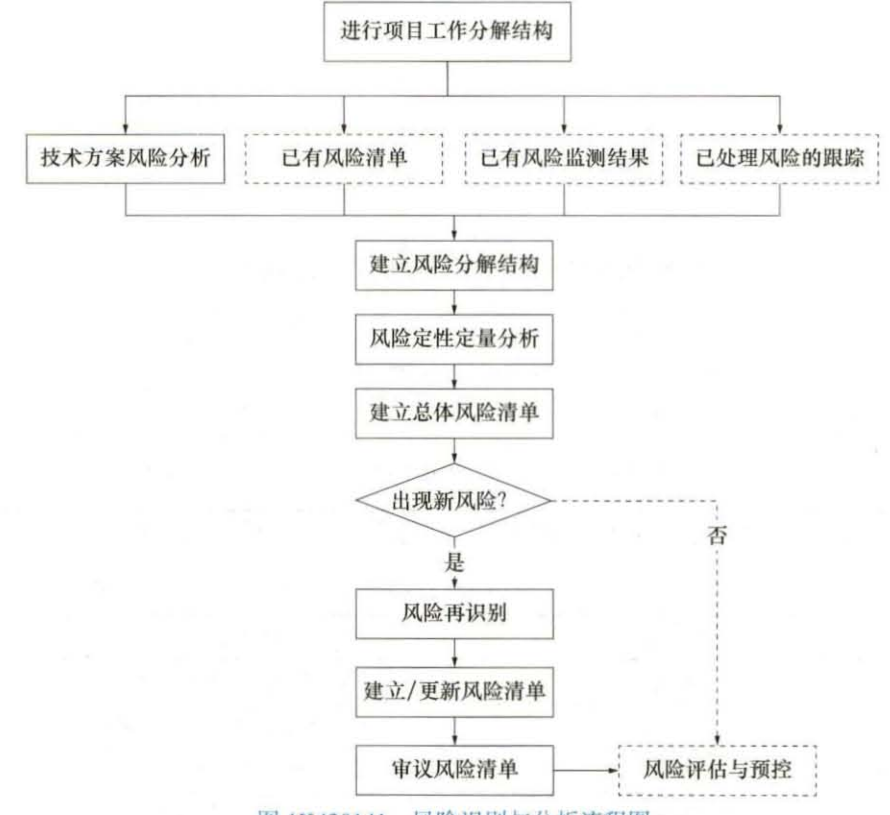


图 1K420141 风险识别与分析流程图

② 危险和有害因素识别：

参照《生产过程危险和有害因素分类与代码》GB/T 13861—2022，对项目存在的各种主要危险和有害因素进行识别；参照《企业职工伤亡事故分类》GB 6441—86 对各种主要危险和有害因素可能导致的事故类型进行识别。

③ 风险分析：

风险分析方法可采用专家调查法、故障树分析法、项目工作分解结构 - 风险分解结构分析法等。可采用定性分析、定量分析、综合分析（即定性分析和定量分析相结合）某一种方法或组合方法进行风险识别。

④ 建立安全风险因素清单：

根据分析确定项目存在的各类安全风险因素，形成项目的安全风险因素清单。

（三）安全风险等级评价

安全风险等级由安全风险发生概率等级和安全风险损失等级间的关系矩阵确定。

安全风险损失等级包括直接经济损失等级、周边环境影响损失等级以及人员伤亡等级，当三者同时存在时，以较高的等级作为该风险事件的损失等级。

（1）概率等级：

安全风险发生概率的描述及等级标准应符合表 1K420141-1 的规定。

风险事件发生概率描述及其等级　　表 1K420141-1

描述	等级	发生概率区间
非常可能	1 级	$0.1 \leqslant P \leqslant 1$
可能	2 级	$0.01 \leqslant P < 0.1$
偶尔	3 级	$0.001 \leqslant P < 0.01$
不太可能	4 级	$0 \leqslant P < 0.001$

（2）损失等级：

风险事件发生后果的描述及等级标准应分别符合表 1K420141-2、表 1K420141-3 和表 1K420141-4 的规定。

直接经济损失等级　　表 1K420141-2

损失等级	1 级	2 级	3 级	4 级
经济损失（万元）	$EL \geqslant 10000$	$5000 \leqslant EL < 10000$	$1000 \leqslant EL < 5000$	$EL < 1000$

注：*EL* 指经济损失；参考《生产安全事故报告和调查处理条例》（中华人民共和国国务院令第 493 号）。

周边环境影响损失等级　　表 1K420141-3

损失等级	涉及范围	影响程度描述
1 级	很大	周边环境发生严重污染或破坏
2 级	大	周边环境发生较重污染或破坏
3 级	一般	周边环境发生轻度污染或破坏
4 级	很小	周边环境发生少量污染或破坏

注：周边环境指自然环境、周边场地及邻近建（构）筑物、市政设施等。

人员伤亡等级　　表 1K420141-4

损失等级	1 级	2 级	3 级	4 级
人员伤亡	是指造成 30 人以上死亡，或者 100 人以上重伤	10 人以上 30 人以下死亡，或者 50 人以上 100 人以下重伤	3 人以上 10 人以下死亡，或者 10 人以上 50 人以下重伤	3 人以下死亡，或者 10 人以下重伤

注：① 表中文字“以上”包括本数，“以下”不包括本数；
② 重伤包括急性工业中毒。

（3）安全风险等级评价：

1）安全风险评价分为 4 个等级：

① 一级风险——风险等级最高，风险后果是灾难性的，并造成恶劣社会影响和政治影响。

② 二级风险——风险等级较高，风险后果严重，可能在较大范围内造成破坏或人员伤亡。

③ 三级风险——风险等级一般，风险后果一般，可能造成破坏的范围较小。

④ 四级风险——风险等级较低，风险后果在一定条件下可以忽略，对工程本身以及人员等不会造成较大损失。

2）通过风险概率和风险损失综合评估得出的风险等级应符合表 1K420141-5 的规定。

风险等级矩阵表　表 1K420141-5

风险等级		损失等级			
		1	2	3	4
概率等级	1	Ⅰ级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅱ级
	2	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅱ级	Ⅲ级
	3	Ⅱ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅲ级
	4	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅲ级	Ⅳ级

风险等级评价方法可采用风险矩阵法、层次分析法、故障树法、模糊综合评估法、蒙特卡罗法、敏感性分析法、贝叶斯网络方法、神经网络分析法等。

（4）安全风险接受准则：

1）安全风险接受准则是项目开展安全风险评估和安全风险管控工作的重要依据。项目应当在安全风险管理过程开始时，科学合理确定项目的安全风险接受准则，并持续不断地改进和完善。确定安全风险接受准则时要重点考虑以下原则要求：

① 法律法规、标准规范要求。

② 合同文件要求。

③ 地方关于安全风险管控的具体要求。

④ 项目安全风险管理的方针、目标以及发展战略。

⑤ 项目可接受的安全风险。

2）安全风险接受准则与风险等级的划分应对应，不同风险等级的风险接受准则各不相同，应符合表 1K420141-6 的规定。

风险等级描述及接受准则　表 1K420141-6

风险等级	风险描述	接受准则
Ⅰ级	风险最高，风险后果是灾难性的，并造成恶劣的社会影响和政治影响	完全不可接受，应立即排除
Ⅱ级	风险较高，风险后果很严重，可能在较大范围内造成破坏或有人员伤亡	不可接受，应立即采取有效的控制措施
Ⅲ级	风险一般，风险后果一般，对工程可能造成破坏的范围较小	允许在一定条件下发生，但必须对其进行监控并避免其风险升级
Ⅳ级	风险较低，风险后果在一定条件下可忽略，对工程本身以及人员等不会造成较大损失	可接受，但应尽量保持当前风险水平和状态

二、安全风险分级管控与预防措施

（1）安全风险分级管控原则：

1）施工安全风险管控应遵循风险级别越高，管控层级越高的原则，并符合下列要求：

① 对于Ⅰ级风险（重大风险）和Ⅱ级风险（较大风险）应重点进行管控。

② 上一级负责管控的施工安全风险，下一级必须同时负责具体管控，并逐级落实具体措施。

2）管控层级可进行增加或提级：

施工单位应根据风险管控原则和组织机构设置情况，合理确定各级风险的管控层级，可分为企业层、项目层，也可结合本单位实际，对风险管控层级进行增加。

（2）项目部应对已识别的施工安全风险进行公告。

1）应在施工现场大门内及危险区域设置施工安全风险公告牌。

2）安全风险公告内容应包括主要安全风险、可能引发的事故类别、事故后果、管控措施、应急措施及报告方式等。

3）存在重大安全风险的工作场所和岗位应设置明显的安全标志，并强化风险源监测和预警。

（3）安全风险预防措施：

1）安全风险预防措施主要从技术措施、管理措施、应急措施等方面制定并实施：

① 技术措施主要包括科学先进的施工技术、施工工艺、操作规程、设备设施、材料配件、信息化技术、监测技术等。

② 管理措施主要包括合理的施工组织、严谨的管理制度等。

③ 应急措施主要包括编制应急救援预案、建立健全应急救援体系、建立应急抢险队伍、储备应急物资、进行有针对性的应急演练等。

2）对企业层管控的风险，项目部应编制专项施工方案上报企业审批，施工过程中项目部应严格组织落实，企业应监督落实。

3）对项目层管控的风险，项目部应编制施工方案，明确管控措施，施工过程中项目部应严格组织落实。

4）项目部应通过安全教育培训、班前讲话、安全技术交底等方式告知各岗位人员本岗位存在的安全风险及应采取的措施，使其掌握规避风险的方法并落实到位。

（4）持续改进：

当出现以下情况时，应及时调整施工安全风险管控措施：

1）国家、地方和行业相关法律、法规、标准和规范发生变更。

2）施工现场内外部环境发生变化，形成新的较大及以上安全风险的。

3）施工工艺和技术措施发生变化的。

4）施工现场应急资源发生重大变化的。

5）发生生产安全事故的。

6）已有的安全风险管控措施失效的。

7）项目组织机构发生重大调整的。

8）其他需要调整的情况。

1K420142　施工安全保证计划编制和安全管理要点

一、安全保证计划的编制

安全保证计划是针对工程的类型和特点，依据危险源辨识、评价和控制措施策划的结

果，按照法律、法规、标准、规范及其他要求，以完成预定的安全控制目标为目的，编制的系统性安全措施、资源和活动文件。主要内容包括：编制依据、项目概况、施工平面图、控制目标、控制程序、组织机构、职责权限、规章制度、资源配置、安全措施、检查评价、奖惩措施等。是施工组织设计和施工专项方案中的重要组成部分。具体内容为：

（1）工程项目安全目标及相关部门、岗位的职责和权限。

（2）危险源与环境因素识别、评价、论证的结果和相应的控制方式。

（3）适用法律、法规、标准规范和其他要求的识别结果。

（4）实施阶段有关各项要求的具体控制程序和方法。

（5）检查、审核、评估和改进活动的安排，以及相应的运行程序和准则。

（6）实施、控制和改进安全管理体系所需的资源。

（7）安全控制工作程序、规章制度、施工组织设计、专项施工方案、专项安全技术措施等文件和安全记录。

安全保证计划的编制是以安全管理为基础，对影响工程施工安全的各环节进行控制。一般由项目部组织编制，经上级部门审批后执行，其作用是向建设单位等做出安全生产保证，对内具体指导工程项目的施工安全管理和控制。

二、过程控制与持续改进

（一）过程控制

（1）项目负责人、技术负责人、专职安全员应对安全工作计划进行监督检查，关键工序应安排专职安全员对重点风险源进行现场监督检查和指导。

（2）发现施工中人的不安全行为、物的不安全状态、作业环境的不安全因素和管理缺陷，专职安全员采取有针对性的纠正措施，及时制止违章指挥和违章作业，并督促整改直至消除隐患。

（3）对查出的安全隐患要做到“五定”，即定整改责任人、定整改措施、定整改完成时间、定整改完成人、定整改验收人。

（4）项目部应定期或不定期进行安全管理工作分析和安全计划总结改进。

（5）发生事故后应按规定及时、如实上报，并参与调查和处理。

（二）评估

项目部应定期对安全保证计划的适宜性、符合性和有效性进行评估，确定安全生产管理需改进的方面，制定并实施改进措施，并对其有效性进行跟踪验证和评价。

发生下列情况时，应及时进行安全生产计划评估：

（1）适用法律法规和标准发生变化。

（2）企业、项目部组织机构和体制发生重大变化。

（3）发生生产安全事故。

（4）其他影响安全生产管理的重大变化。

（三）持续改进

（1）项目部应根据企业职业健康安全管理体系要求，及时将生产安全保证计划实施与改进情况报送企业。

（2）企业结合实际制定内部安全技术标准和图集，定期进行技术分析改造，改进施工现场安全生产作业条件，改善作业环境。

三、安全生产管理要点

（一）一般规定

（1）认真贯彻《中华人民共和国安全生产法》确立的“安全第一，预防为主，综合治理”的安全生产方针，正确处理安全与生产的关系。“生产必须安全，安全促进生产”，以预防为主，防患于未然。

（2）落实企业安全生产管理目标，项目部应制定以伤亡事故控制、安全生产标准化、绿色文明施工为主要内容的安全生产管理目标，兑现合同承诺。

（3）企业必须取得行业主管部门颁发的“安全生产许可证”，工程项目取得“建设工程施工许可证”方可开工。

（二）安全生产管理体系

（1）企业应当设置独立的安全生产管理机构，配备专职安全生产管理人员。工程项目应建立以项目负责人为组长的安全生产领导小组，实行施工总承包的，安全生产领导小组由总承包企业、专业承包企业和劳务分包企业的项目经理、技术负责人、专职安全生产管理人员组成。

生产经营单位的主要负责人对本单位安全生产工作负有下列职责：

1）建立健全并落实本单位全员安全生产责任制，加强安全生产标准化建设。

2）组织制定并实施本单位安全生产规章制度和操作规程。

3）组织制定并实施本单位安全生产教育和培训计划。

4）保证本单位安全生产投入的有效实施。

5）组织建立并落实安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防工作机制，督促、检查本单位的安全生产工作，及时消除生产安全事故隐患。

6）组织制定并实施本单位的生产安全事故应急救援预案。

7）及时、如实报告生产安全事故。

生产经营单位的安全生产管理机构以及安全生产管理人员应履行下列职责：

1）组织或者参与拟订本单位安全生产规章制度、操作规程和生产安全事故应急救援预案。

2）组织或者参与本单位安全生产教育和培训，如实记录安全生产教育和培训情况。

3）组织开展危险源辨识和评估，督促落实本单位重大危险源的安全管理措施。

4）组织或者参与本单位应急救援演练。

5）检查本单位的安全生产状况，及时排查生产安全事故隐患，提出改进安全生产管理的建议。

6）制止和纠正违章指挥、强令冒险作业、违反操作规程的行为。

7）督促落实本单位安全生产整改措施。

（2）总承包单位配备项目专职安全生产管理人员应当满足下列要求：

1）建筑工程、装修工程按照建筑面积配备：

①1万m^2以下的工程不少于1人。

②1万～5万m^2的工程不少于2人。

③5万m^2及以上的工程不少于3人，且按专业配备专职安全生产管理人员。

2）土木工程、线路管道、设备安装工程按照工程合同价配备：

① 5000 万元以下的工程不少于 1 人。

② 5000 万～1 亿元的工程不少于 2 人。

③ 1 亿元及以上的工程不少于 3 人，且按专业配备专职安全生产管理人员。

（3）分包单位配备项目专职安全生产管理人员应当满足下列要求：

1）专业承包单位应当配置至少 1 人，并根据所承担的分部分项工程的工程量和施工危险程度增加。

2）劳务分包队伍施工人员在 50 人以下的，应当配备 1 名专职安全生产管理人员；50～200 人的，应当配备 2 名专职安全生产管理人员；200 人及以上的，应当配备 3 名及以上专职安全生产管理人员，并根据所承担的分部分项工程施工危险实际情况增加，不得少于工程施工人员总人数的 5‰。

3）采用新技术、新工艺、新材料或致害因素多、施工作业难度大的工程项目，项目专职安全生产管理人员的数量应当根据施工实际情况，在配备标准上增加。

4）施工作业班组可以设置兼职安全巡查员，对本班组的作业场所进行安全监督检查。建筑施工企业应当定期对兼职安全巡查员进行安全教育培训。

（4）总承包人与分包人安全管理责任：

1）实行总承包的项目，安全控制由总承包人负责，分包人应服从总承包人管理，落实总承包企业的安全生产要求。总承包人对分包人的安全生产责任包括：审查分包人的安全施工资格和安全生产保证体系，不应将工程分包给不具备安全生产条件的分包人；在分包合同中应明确分包人安全生产责任和义务；对分包人提出安全要求，并认真监督，检查；对违反安全规定冒险蛮干的分包人，应令其停工整改；总承包人应统计分包人的伤亡事故，按规定上报，并按分包合同约定协助处理分包人的伤亡事故。

2）分包人安全生产责任应包括：分包人对本施工现场的安全工作负责，认真履行分包合同规定的安全生产责任；遵守总承包人的有关安全生产制度，服从总承包人的安全生产管理，及时向总承包人报告伤亡事故并参与调查，处理善后事宜。

（三）安全生产责任制

（1）安全生产责任制是规定企业各级领导、各个部门、各类人员在施工生产中应负的安全职责的制度。安全生产责任制是各项安全制度中最基本的一项制度，是保证安全生产的重要组织手段，体现了“管生产经营必须管安全”“管业务必须管安全”和“一岗双责”原则。

（2）企业安全生产管理机构主要负责落实国家有关安全生产的法律、法规和工程建设强制性标准，监督安全生产措施的落实，组织企业内部的安全生产检查活动，及时整改各种安全事故隐患及日常安全检查。

（3）项目部应建立安全生产责任制，逐级全员签约，将安全责任落实到每一个人、每一个岗位，并建立安全生产责任制考核制度，对项目管理人员安全履职情况进行月度考核，并与岗位绩效挂钩。

1）项目负责人：是项目工程安全生产第一责任人，负全面领导责任。

2）项目生产安全负责人：对项目的安全生产负直接领导责任，协助项目负责人落实各项安全生产法规、规范、标准和项目的各项安全生产管理制度，组织各项安全生产措施的实施。

3）项目技术负责人：对项目的安全生产负技术责任。

4）专职安全员：负责安全生产，并进行现场监督检查；发现安全事故隐患，应当及时向项目负责人和安全生产管理机构报告；对于违章指挥、违章作业的，应当立即制止。

5）施工员（工长）：是所管辖区域范围内安全生产第一负责人，对辖区的安全生产负直接领导责任。向班组、施工队进行书面安全技术交底，履行签字手续；对规程、措施、交底要求的执行情况经常检查，随时纠正违章作业；经常检查辖区内作业环境、设备、安全防护设施以及重点特殊部位施工的安全状况，发现问题及时纠正解决。

6）其他岗位：对岗位业务所涉及的安全工作负责，落实“管业务必须管安全”的要求。

7）分包单位负责人：是本单位安全生产第一责任人，对本单位安全生产负全面领导责任，负责执行总承包单位安全管理规定和法规，组织本单位安全生产。

8）班组长：是本班组安全生产第一责任人，负责执行安全生产规章制度及安全技术操作规程，合理安排班组人员工作，对本班组人员在施工生产中的安全和健康负直接责任。

（四）项目安全教育培训

（1）一般规定：

1）项目部应建立健全安全教育培训制度，每年年初制定项目年度安全教育培训计划，明确教育培训的类型、对象、时间和内容。

2）项目负责人（B证）、专职安全生产管理人员（C证），按规定参加企业注册地所在政府相关部门组织的安全教育培训，取得相应的安全生产资格证书，并在三年有效期内完成相应学时的继续教育培训。

3）项目部应确保用于开展安全培训和安全活动的有关费用支出，并建立相应台账。做好安全教育培训记录，建立安全教育培训档案，对培训效果进行评估和改进。

4）项目部对作业人员的培训除采用传统的授课式培训方式外，鼓励采用仿真模拟培训、体验式培训、多媒体培训等方式。

（2）入场三级安全教育：

1）新进场的工人，必须接受公司、项目、班组的三级安全教育培训，经考核合格后，方可上岗。

2）公司安全培训教育的主要内容：从业人员安全生产权利和义务；本单位安全生产情况及规章制度；安全生产基本知识；有关事故案例等。

3）项目安全培训教育的主要内容：作业环境及危险因素；可能遭受的职业伤害和伤亡事故；岗位安全职责、操作技能及强制性标准；安全设备设施的使用、劳动纪律及安全注意事项；自救互救、急救方法、疏散和现场紧急情况的处理等。

4）班组安全培训教育的主要内容：本班组生产工作概况，工作性质及范围；本工种的安全操作规程；容易发生事故的部位及劳动防护用品的使用要求；班组安全生产基本要求；岗位之间工作衔接配合的安全注意事项。

5）对工人转岗、变化工种应进行相应的安全教育培训。

6）项目部宜在现场或办公生活区空旷位置设置安全讲评台，用于作业人员安全教育。

按照教育培训要求，落实日常安全教育培训活动，并监督作业人员开展班前安全活动。

（3）日常安全教育：

1）项目应结合季节性特点、施工要求进行日常安全教育，每月不少于一次。

2）项目应督促各作业班组每天上岗作业前开展班前安全教育。

（4）特种作业人员安全培训：

1）特种作业人员必须接受专门的安全作业培训，取得相应操作资格证书后，方可上岗，除接受岗前安全教育培训，每年还须进行针对性安全培训，时间不得少于20学时。

2）采用新工艺、新技术、新材料或者使用新设备，必须对相关生产、作业人员进行专项安全教育培训。

（5）管理人员的培训：

1）管理人员应每年至少接受一次专门的安全培训。每年接受安全培训时间如表1K420142所示。

项目管理人员每年安全教育培训时间　　表1K420142

序号	人员类别	初次培训时间	再培训时间
1	主要负责人	≥32学时	每年≥12学时
2	专职安全生产管理人员	≥32学时	每年≥12学时
3	其他从业人员	≥24学时	根据相关规定要求，重新组织培训

2）发生造成人员死亡的生产安全事故的，其主要负责人和安全生产管理人员应当重新参加培训。

3）从业人员在本项目内调整工作岗位或离岗一年以上重新上岗时，应当重新接受项目和班组级的安全培训。

4）项目实施新工艺、新技术或者使用新设备、新材料时，应对有关从业人员重新进行有针对性的安全培训。

（五）安全生产管理制度

安全生产管理制度主要包括：安全生产费用提取和使用制度，安全生产值班制度，安全生产例会制度，安全生产检查制度，安全生产验收制度，安全生产奖罚制度，安全生产事故隐患排查治理制度，安全事故报告制度等。

1. 安全生产费用提取和使用制度

明确项目安全费用提取和使用的程序、职责及权限，按照标准提取安全生产费用在成本中列支，编制安全费用提取和使用计划，专门用于完善和改进项目安全生产条件，在相关法律法规规定的范围使用，并建立使用台账。

2. 安全生产值班制度

施工现场必须保证每班有领导值班，专职安全员在现场，值班领导应认真做好安全值班记录。

3. 安全生产例会制度

解决处理施工过程中的安全问题，并进行定期和各项专业安全监督检查。项目负责人应亲自主持例会和定期安全检查。协调、解决生产、安全之间的矛盾和问题。

4. 安全生产检查制度

是企业和项目对安全检查形式、方法、时间、内容、组织的具体要求、职责权限和工作程序的规定。

5. 安全生产验收制度

为保证安全技术方案和安全技术措施的实施和落实，必须严格坚持“验收合格方准使用”的原则，对各项安全技术措施和安全生产设备（如起重机械等设备、临时用电）、设施（如脚手架、模板）和防护用品在使用前进行安全检查，确认合格后签字验收，进行安全交底后方可使用。

6. 安全生产奖罚制度

是为加强项目安全管理工作，增强员工的安全责任感，提高员工遵章守纪的自觉性，维护正常的生产工作秩序，保证员工的安全与健康，对相关责任人员进行奖励和处罚。

7. 安全生产事故隐患排查治理制度

是项目建立安全生产事故隐患排查治理长效机制，强化安全生产主体责任，加强事故隐患监督管理，防止和减少事故，保障职工生命和公司财产安全，对事故隐患排查、整改、复查，建立隐患台账进行统计分析，持续改进提高的具体规定。

8. 安全事故报告制度

当施工现场发生生产安全事故时，施工单位应按规定及时报告，并按规定进行调查，按规定对生产安全事故进行调查分析、处理、制定预防和防范措施，建立事故档案。应依法为施工作业人员办理保险。重伤以上事故，按国家有关调查处理规定进行登记建档。

（六）安全技术管理措施

（1）根据工程施工和现场危险源辨识与评价，制定安全技术措施（详见本书1K420141条），对危险性较大分部分项工程，编制专项安全施工方案。方案签字审批齐全。

（2）项目负责人、生产负责人、技术负责人和专职安全员应按分工负责安全技术措施和专项方案交底、过程监督、验收、检查、改进等工作内容。

（3）施工负责人在分派施工任务时，应对相关管理人员、施工作业人员进行书面安全技术交底。安全技术交底应符合下列规定：

1）安全技术交底应按施工工序、施工部位、分部分项工程进行。

2）安全技术交底应结合施工作业场所状况、特点、工序，对危险因素、施工方案、规范标准、操作规程和应急措施进行交底。

3）安全技术交底是法定管理程序，必须在施工作业前进行。安全技术交底应留有书面材料，由交底人、被交底人、专职安全员进行签字确认。

4）安全技术交底主要包括三个方面：一是按工程部位分部分项进行交底；二是对施工作业相对固定，与工程施工部位没有直接关系的工种（如起重机械、钢筋加工等）单独进行交底；三是对工程项目的各级管理人员，进行以安全施工方案为主要内容的交底。

5）以施工方案为依据进行的安全技术交底，应按设计图纸、国家有关规范标准及施工方案将具体要求进一步细化和补充，使交底内容更加翔实，更具有针对性、可操作性。方案实施前，编制人员或项目负责人应当向现场管理人员和作业人员进行安全技术交底。

6）分包单位应根据每天工作任务的不同特点，对施工作业人员进行班前安全交底。

（七）安全管理措施

项目安全管理应体现在对施工现场作业和管理活动的控制上，各种安全控制措施围绕着影响施工安全的因素进行。

（1）项目部针对工程特点、环境条件，采取适宜的劳力组织、作业方法、施工机具、供电设施等确保安全施工的管理措施。

（2）施工现场管理人员和操作人员，对其所需的执业资格、上岗资格和任职能力进行检查、核对证书。对进入施工现场的从业人员（含分包人）进行安全教育培训。

（3）对重大危险源、重点部位、过程和活动组织专人进行重点监控。

（4）配置符合施工安全生产和职业健康的机械设备和防护用品。

（5）监督指导各项安全技术操作规程落实与执行的专职安全员和项目检查机构。

（6）及时消除安全隐患，限时整改并制定消除安全隐患措施。

（八）设备管理

（1）工程项目要严格设备进场验收工作。中小型机械设备由施工员会同专业技术管理人员和使用人员共同验收；大型设备、成套设备在项目部自检自查基础上报请企业有关管理部门，组织企业技术负责人和有关部门验收；塔式或门式起重机、电动吊篮、垂直提升架等重点设备应组织第三方具有相关资质的单位进行验收。检查技术文件包括各种安全保险装置及限位装置说明书、维修保养及运输说明书、产品鉴定及合格证书、安全操作规程等内容，并建立机械设备档案。

（2）项目部应根据现场条件设置相应的管理机构，配备设备管理人员，设备出租单位应派驻设备管理人员和维修人员。

（3）设备操作和维护人员必须经过专业技术培训，考试合格且取得相应操作证后，持证上岗。机械设备使用实行定机、定人、定岗位责任的“三定”制度。

（4）按照安全操作规程要求作业，任何人不得违章指挥和作业。

（5）施工过程中项目部要定期检查和不定期巡回检查，确保机械设备正常运行。

（九）安全标志

（1）施工现场入口处及主要施工区域、危险部位应设置相应的安全警示标志牌，如施工起重机械、临时用电设施、脚手架、出入通道口、楼梯口、电梯井口、孔洞口、桥梁口、隧道口、基坑边沿、爆破物及有害危险气体和液体存放处等属于危险部位，应当设置明显的安全警示标志。对夜间施工或人员经常通行的危险区域、设施，应安装灯光示警标志。

（2）按照安全风险辨识的情况，施工现场应设置安全风险源公示牌和危险性较大分部分项工程安全控制要点。

（3）施工现场应绘制安全标志布置图；安全标志设置后应当进行统计记录，并填写施工现场安全标志登记表。

（4）根据危险部位的性质不同分别设置禁止标志、警告标志、指令标志、指示标志，夜间留设红灯示警。应根据工程部位和现场设施的变化，调整安全标志牌设置。

（十）安全检查

（1）安全检查是指企业安全生产管理部门和项目部对贯彻国家安全生产法律法规情

况、安全生产情况、劳动条件、事故隐患等所进行的检查，是安全控制工作的重要内容，其目的是：消除隐患、防止事故、改善劳动条件，提高员工安全意识，验证安全保证计划的实施效果。

企业、项目部必须建立完善的安全检查制度。项目安全检查应由项目负责人组织，专职安全员和相关专业人员参加，定期进行并填写检查记录。发现事故隐患下达隐患通知书，定人、定时间、定措施进行整改，重大事故隐患整改后，应由相关部门组织复查。

（2）安全检查内容与方法详见本书 1K420143 条。

（十一）应急救援预案与组织计划

应急救援是指在危险源控制措施失效的情况下，为预防和减少可能随之引发的伤害和其他影响，所采取的补救措施和抢救行动。应急救援预案是指事先制定的关于生产安全事故发生时进行紧急救援的组织、程序、措施、责任以及协调等方面的方案和计划。项目部在危险源识别、评价和控制策划时，应事先确定可能发生的事故或紧急情况，作为制定应急救援预案的依据。

（1）项目部制定施工现场生产安全事故应急救援预案。实行施工总承包的由总承包单位统一组织编制建设工程生产安全事故应急预案。

（2）应急预案分为综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案：

综合应急预案——是指生产经营单位为应对各种生产安全事故而制定的综合性工作方案，是本单位应对生产安全事故的总体工作程序、措施和应急预案体系的总纲。

专项应急预案——是指生产经营单位为应对某一种或者多种类型生产安全事故，或者针对重要生产设施、重大危险源、重大活动防止生产安全事故而制定的专项工作方案。

当专项应急预案与综合应急预案中的应急组织机构、应急响应程序相近时，可不编写专项应急预案。

现场处置方案——是指生产经营单位根据不同生产安全事故类型，针对具体场所、装置或者设施所制定的应急处置措施。现场处置方案重点规范事故风险描述、应急工作职责、应急处置措施和注意事项，应体现自救互救、信息报告和先期处置的特点。事故风险单一、危险性小的生产经营单位，可只编制现场处置方案。

（3）编制应急预案前，应当进行事故风险辨识、评估和应急资源调查：

事故风险辨识评估——是指针对不同事故种类及特点，识别存在的危险危害因素，分析事故可能产生的直接后果以及次生、衍生后果，评估各种后果的危害程度和影响范围，提出防范和控制事故风险措施的过程。

应急资源调查——是指全面调查本地区、本单位第一时间可以调用的应急资源状况和合作区域内可以请求援助的应急资源状况，并结合事故风险辨识评估结论制定应急措施的过程。

（4）应急预案的编制：

1）项目部应急预案的编制应当遵循以人为本、依法依规、符合实际、注重实效的原则，以应急处置为核心，体现自救互救和先期处置的特点，做到职责明确、程序规范、措施科学，尽可能简明化、图表化、流程化。

应急预案的编制应当符合下列基本要求：

① 有关法律、法规、规章和标准的规定。

② 本地区、本单位、本项目的安全生产实际情况。

③ 本地区、本单位、本项目的危险性分析情况。

④ 应急组织和人员的职责分工明确，并有具体的落实措施。

⑤ 有明确、具体的应急程序和处置措施，并与其应急能力相适应。

⑥ 有明确的应急保障措施，满足本地区、本单位、本项目的应急工作需要。

⑦ 应急预案基本要素齐全、完整，应急预案附件提供的信息准确。

⑧ 应急预案内容与相关应急预案相互衔接。

2）结合本项目职能和分工，成立以项目有关负责人为组长，项目相关部门人员（如生产、技术、设备、安全、行政、人事、财务人员）参加的应急预案编制工作组，明确工作职责和任务分工，制定工作计划，组织开展应急预案编制工作。预案编制工作组中应邀请相关救援队伍以及周边相关企业、单位或社区代表参加。

（5）应急预案自公布之日起20个工作日内，按照分级属地原则，向上级单位和属地应急管理部门及其他负有安全生产监督管理职责的部门进行备案。

（6）应当组织开展应急预案、应急知识、自救互救和避险逃生技能的培训活动，使有关人员了解应急预案内容，熟悉应急职责、应急处置程序和措施。

应急培训的时间、地点、内容、师资、参加人员和考核结果等情况应当如实记入安全生产教育和培训档案。

（7）应制定应急预案演练计划，根据事故风险特点，每年至少组织一次综合应急预案演练或者专项应急预案演练，每半年至少组织一次现场处置方案演练。

应急预案演练结束后，应对应急预案演练效果进行评估，撰写应急预案演练评估报告，分析存在的问题，并对应急预案提出修订意见。

（8）应按照应急预案的规定，落实应急指挥体系、应急救援队伍、应急物资及装备，建立应急物资、装备配备及其使用档案，并对应急物资、装备进行定期检测和维护，使其处于适用状态。

（9）发生事故时，应当第一时间启动应急响应，组织有关力量进行救援，并按照规定将事故信息及应急响应启动情况报告上级单位和属地应急管理部门及其他负有安全生产监督管理职责的部门。

1K420143 施工安全检查的方法和内容

安全检查是项目安全管理的重要环节。通过检查，可以发现施工中的不安全因素、职业健康和职业卫生问题，从而采取对策，消除不安全因素，保障安全生产。随着安全管理科学化、标准化、规范化，安全检查工作在不断改进，目前基本上都采用安全检查表和实测的检测手段，进行定性定量的安全评价。

一、安全检查的一般要求

项目部要有安全检查制度，项目负责人定期组织专职安全员等人员进行安全检查。明确检查负责人，制定明确的安全检查目标，对安全保证计划的执行情况进行检查、考核和评价。对施工中存在的不安全行为和隐患，项目部应分析原因，制定相应的整改防范措施。认真、详细地做好有关安全问题和隐患记录，安全检查后，对检查记录进行系统分析、评价，根据评价结果，进行整改并加强管理。

二、安全检查的内容与形式

（一）安全检查主要内容

项目部应根据施工过程的特点和安全目标要求，确定安全检查内容，其内容包括：安全生产责任制、安全保证计划、安全组织机构、安全保证措施、安全技术交底、安全教育、安全持证上岗、安全设施、安全标识、操作行为、违规管理、安全记录等，具体如下：

（1）安全目标的实现程度。

（2）安全生产责任制的落实情况。

（3）各项安全管理制度的执行情况。

（4）施工现场安全生产事故隐患排查情况。

（5）施工现场安全生产标准化执行情况。

（6）生产安全事故、未遂事故和其他违规违法事件的调查、处理情况。

（7）安全生产法律法规、标准规范和其他要求的执行情况。

（二）安全检查的形式

项目部安全检查可分为定期检查、日常性检查、专项检查、季节性检查等多种形式。

1. 定期检查

是由项目负责人每周组织专职安全员、相关管理人员对施工现场进行联合检查。总承包工程项目部应组织各分包单位每周进行安全检查，每月对照《建筑施工安全检查标准》JGJ 59—2011，至少进行一次定量检查。

2. 日常性检查

由项目专职安全员对施工现场进行每日巡检，包括：项目安全员或安全值班人员对工地进行的巡回安全生产检查及班组在班前、班后进行的安全检查等。

3. 专项检查

主要由项目专业人员开展施工机具、临时用电、防护设施、消防设施等专项安全检查。专项检查应结合工程项目进行，如沟槽、基坑土方的开挖、脚手架、施工用电、吊装设备专业分包、劳务用工等安全问题均应进行专项检查，专业性较强的安全问题应由项目负责人组织专业技术人员、专项作业负责人和相关专职部门进行。

企业、项目部每月应对工程项目施工现场安全职责落实情况至少进行一次检查，并针对检查中发现的倾向性问题、安全生产状况较差的工程项目，组织专项检查。

4. 季节性检查

季节性安全检查是针对施工所在地气候特点，可能给施工带来的危害而组织的安全检查，如雨期的防汛、冬期的防冻等。主要是项目部结合冬期、雨期的施工特点开展的安全检查。

三、安全检查标准与方法

（一）安全检查标准

（1）可结合工程的类别、特点，依据国家、行业或地方颁布的标准要求执行。

（2）依据本单位在安全管理及生产中的有关经验，制定本企业的安全生产检查标准。

（二）安全检查方法

1. 常规检查

常规检查是常见的一种检查方法。通常是由专职安全员作为检查工作的主体，到作业场所的现场，通过感观或辅助一定的简单工具、仪表等，对作业人员的行为、作业场所的环境条件、生产设备设施等进行的定性检查。安全检查人员通过这一手段，及时发现现场存在的安全隐患并采取措施予以消除，纠正施工人员的不安全行为。

2．安全检查表法

安全检查表（SCL）是事先把系统加以剖析，列出各层次的不安全因素，确定检查项目，并把检查项目按系统的组成顺序编制成表，以便进行检查或评审。安全检查表是进行安全检查，发现和查明各种危险和隐患，监督各项安全规章制度的实施，及时发现事故隐患并制止违章行为的一个有力工具。

安全检查表应列举需查明的所有可能会导致事故的不安全因素。每个检查表均需注明检查时间、检查者、直接负责人等，以便分清责任。安全检查表的设计应做到系统、全面，检查项目应明确。

3．仪器检查法

机器、设备内部的缺陷及作业环境条件的真实信息或定量数据，只能通过仪器检查法来进行定量化的检验与测量，唯有如此才能发现安全隐患，从而为后续整改提供信息。因此，必要时需要实施仪器检查。由于被检查的对象不同，检查所用的仪器和手段也不同。

四、安全检查评价

安全检查后，要进行认真分析，进行安全评价。具体分析哪些项目没有达标，存在哪些需要整改的问题，填写安全检查评分表、事故隐患通知书、违章处罚通知书或停工通知等。

安全管理检查评分分保证项目和一般项目。保证项目包括：安全生产责任制、施工组织设计或专项施工方案、安全技术交底、安全检查、安全教育、应急救援等；一般项目包括：分包单位安全管理、持证上岗、生产安全事故处理、安全标志。

存在隐患的单位必须按照检查人员提出的隐患整改意见和要求落实整改。检查人员对整改落实情况进行复查，获得整改效果的信息，以实现安全检查工作的闭环。

对安全检查中发现的问题和隐患，应定人、定时间、定措施组织整改，并跟踪复查。企业和项目部应依据安全检查结果定期组织实施考核，落实奖罚，以促进安全生产管理。

五、安全检查资料与记录

（1）项目应设专职安全员负责施工安全生产管理活动必要的记录。

（2）施工现场安全资料应随工程进度同步收集、整理，并保存到工程竣工。

（3）施工现场应保存资料：

1）施工企业的安全生产许可证，项目部项目经理、专职安全员等安全管理人员的考核合格证，建设工程施工许可证等复印件。

2）施工现场安全监督备案登记表，地上、地下管线及建（构）筑物资料移交单，安全防护、文明施工措施费用支付统计，安全资金投入记录。

3）工程概况表，项目重大危险源识别汇总表，危险性较大的分部分项工程专家论证表和危险性较大的分部分项工程汇总表，项目安全风险源控制措施，生产安全事故应急

预案。

4）安全技术交底，特种作业人员登记表，作业人员安全教育记录表，施工现场检查评分表。

5）违章处理记录等相关资料。

1K420150 明挖基坑施工安全事故预防

1K420151 防止基坑坍塌、淹埋的安全措施

以下内容以城市轨道交通工程为主简要介绍防止基坑坍塌、淹埋的安全措施。

一、明挖基坑安全控制特点

（一）基坑工程安全风险

基坑工程施工过程中风险主要是基坑坍塌和淹埋，防止基坑坍塌和淹埋是基坑施工的重要任务。

（二）基坑开挖安全控制技术措施

1. 施工前管线及地质探测

开工前应详细核查施工区域周边地下管线情况，做好废弃管线排查并与管线产权单位会签确认。施工过程中应随时检查地下管线渗漏水情况，发现地面出现沉降、开裂、渗涌水等情况应及时启动应急预案并协调会商相关部门妥善处理。

采用探地雷达法等先进适用方法对施工影响范围内的地下空洞及疏松体、管线渗漏等进行探测，由专业工程师对探测结果进行分析、验证、评估。

2. 基坑边坡和支护结构的确定

根据土的分类和力学指标、开挖深度等确定边坡坡度（放坡开挖时），或根据土质、地下水情况及开挖深度等确定支护结构方法（采用支护开挖时）。

基坑工程施工，首先要保证基坑的稳定。放坡开挖时，基坑的坡度要满足抗滑稳定要求；采用支护开挖时，支护结构类型的选择，既要保证整个支护结构在施工过程中的安全，又要能控制支护结构及周围土体的变形，以保证基坑周围建筑物和地下设施的安全。

3. 基坑周围堆放物品的规定

（1）支护结构施工与基坑开挖期间，支护结构达到设计强度要求前，严禁在设计预计的滑裂面范围内堆载；临时土石方的堆放应进行包括自身稳定性、邻近建筑物地基和基坑稳定性验算。

（2）支撑结构上不应堆放材料和运行施工机械，当需要利用支撑结构兼作施工平台或栈桥时，应进行专门设计。

（3）材料堆放、挖土顺序、挖土方法等应减少对周边环境、支护结构、工程桩等的不利影响。

（4）基坑开挖的土方不应在邻近建筑及基坑周边影响范围内堆放，并应及时外运。

（5）基坑周边必须进行有效防护，并设置明显的警示标志；基坑周边要设置堆放物料的限重牌，严禁堆放大量的物料。

（6）建筑基坑周围 6m 以内不得堆放阻碍排水的物品或垃圾，保持排水畅通。

（7）开挖料运至指定地点堆放。

4. 制定好降水措施，确保基坑开挖期间的稳定

地下水是引起基坑事故的主要因素之一。实践表明，多数发生的基坑事故都与地下水有关。地下水对基坑的危害与土质密切相关，当基坑处于砂土或粉土地层时，在地下水作用下，更容易造成基坑坡面渗水、土粒流失、流砂，进而引起基坑坍塌。

当场地内有地下水时，应根据场地及周边区域的工程地质条件、水文地质条件、周边环境情况和支护结构与基础形式等因素，确定地下水控制方法。当场地周围有地表水汇流、排泄或地下水管渗漏时，应对基坑采取保护措施。

地下水的控制方法主要有降水、截水和回灌等几种形式，这几种形式可以单独使用，也可以组合使用。降水会引起基坑周围土体沉降，当基坑邻近有建筑物时，宜采用截水或回灌方法。

5. 控制好边坡

无支撑放坡开挖的基坑要控制好边坡坡度，有支撑基坑开挖时要控制好纵向放坡坡度。基坑采用无支撑放坡开挖时，应随挖随修整边坡，并不得挖反坡。有支撑基坑在开挖过程的临时放坡也应重视，防止在开挖过程中边坡失稳或滑坡酿成事故。

6. 进行施工前安全条件核查

基坑开挖前应组织开展关键节点施工前安全条件核查，包括钻孔、成槽等动土作业和土方开挖施工，重点核查可能出现渗漏的围护体系施工质量。未经安全条件核查或条件核查不合格的，不得开挖施作。

7. 严格按设计要求开挖和支护

基坑开挖应根据支护结构设计、降水排水要求确定开挖方案。开挖范围及开挖、支护顺序均应与支护结构设计工况相一致。挖土要严格按照施工组织设计规定进行。土方开挖时严格遵循自上而下分层分段进行，严格控制开挖与支撑之间的时间、空间间隔，严禁超挖；软弱地层支撑应采用钢筋混凝土支撑等加强措施；应先撑后挖，采用换撑方案时应先撑后拆；支撑不到位严禁开挖土体；严格换撑、拆撑验收，严禁支撑架设滞后、违规换撑、拆撑。发生异常情况时，应立即停止挖土，并应立即查清原因且采取措施，正常后方能继续挖土。基坑开挖过程中，必须采取措施防止碰撞支撑、围护桩或扰动基底原状土。

软土地区基坑开挖还受到时间效应和空间效应的作用，因此，在制定开挖方案时，要尽量缩短基坑开挖卸荷的尺寸及无支护暴露时间，减少开挖过程中的土体扰动范围，采用分层、分块的开挖方式，且使开挖空间尺寸和开挖支护时限能最大限度地限制围护结构的变形和坑周土体的位移与沉降。

8. 及时分析监测数据，做到信息化施工

基坑失稳破坏一般都有前兆，具体表现为监测数据的急剧变化或突然发展。因此，进行系统监测，并对监测数据进行及时分析，发现工程隐患后及时修改施工方案，做到信息化施工，对保证基坑安全有重要意义。

二、应急预案与保证措施

（一）应急预案

（1）制定具有可操作性的基坑坍塌、淹埋事故的应急预案可以防患于未然，可以最大

限度地减小事故发生的概率，防止事态的恶化，减轻事故的后果。

（2）建立应急组织体系，配备足够的袋装水泥、土袋草包、临时支护材料、堵漏材料和设备、抽水设备等抢险物资和设备，并准备一支有丰富经验的应急抢险队伍，保证在紧急状态时可以快速调动人员、物资和设备，并根据现场实际情况进行应急演练。

（3）加强监控量测信息化管理，及早发现坍塌、淹埋和管线破坏事故的征兆。如果基坑即将坍塌、淹埋时，应以人身安全为第一要务，及早撤离现场。

（二）抢险支护与堵漏

（1）围护结构渗漏是基坑施工中常见的多发事故。在富水的砂土或粉土地层中进行基坑开挖时，如果围护结构或止水帷幕存在缺陷，渗漏就会发生。如果渗漏水主要为清水，一般及时封堵不会造成太大的环境问题；而如果渗漏造成大量水土流失，则会造成围护结构背后土体沉降过大，严重的会导致围护结构背后土体失去抗力，造成基坑倾覆。

（2）有降水或排水条件的工程，宜在采用降水或排水措施后再对围护缺陷进行修补处理。围护结构缺陷造成的渗漏一般采用下面方法处理：在缺陷处插入引流管引流，然后采用双快水泥封堵缺陷处，等封堵水泥形成一定强度后再关闭导流管。如果渗漏较为严重直接封堵困难时，则应首先在坑内回填土封堵水流，然后在坑外打孔灌注聚氨酯或水泥－水玻璃双液浆等封堵渗漏处，封堵后再继续向下开挖基坑，具体见图 1K420151-1、图 1K420151-2。

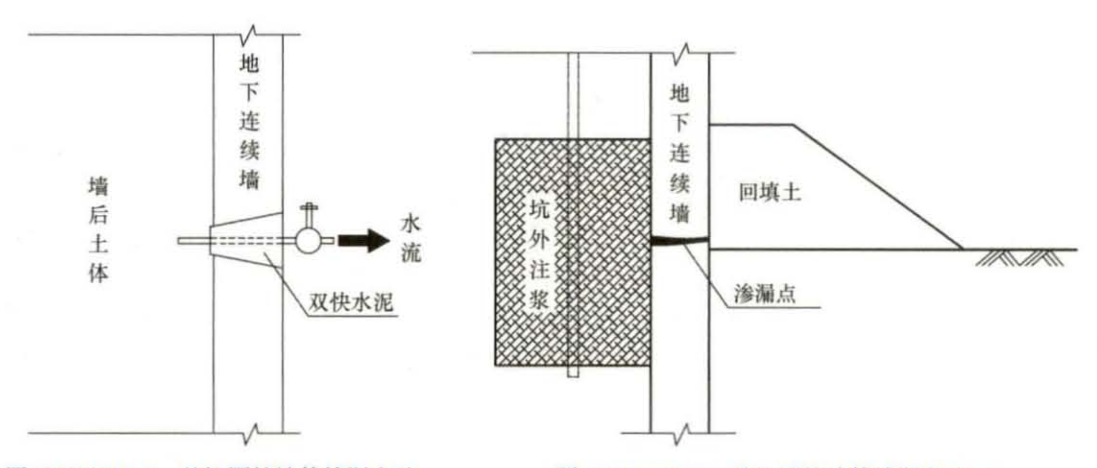


图 1K420151-1　基坑围护墙体堵漏方法一　　图 1K420151-2　基坑围护墙体堵漏方法二

（3）基坑支护结构出现变形过大或较为危险的“踢脚”变形时，可以采用坡顶卸载，适当增加内支撑或锚杆，被动土压区堆载或注浆加固等处理措施。

（4）基坑出现整体或局部土体滑塌时，应在可能条件下降低土中水位，并进行坡顶卸载，加强未滑塌区段的监测和保护，严防事故继续扩大。

（5）基坑坍塌或失稳征兆已经非常明显时，必须果断采取回填土、砂或灌水等措施，然后再进一步采取应对措施，以防止险情发展成事故。

1K420152　开挖过程中地下管线的安全保护措施

市政公用工程施工中损伤地下管线的事故时有发生，以下内容以基坑（槽）工程为例

简要介绍应采取的安全技术措施。

一、施工准备阶段

（一）工程地质条件及现况管线调查

（1）进场后应依据建设方提供的工程地质勘察报告、基坑开挖范围内及影响范围内的各种地上、地下管线及建（构）筑物等有关资料，查阅有关专业技术资料，掌握管线的施工年限、使用状况、位置、埋深等数据信息。

（2）对于资料反映不详、与实际不符或在资料中未反映管线真实情况的，应向规划部门、管线管理单位查询，必要时在管理单位人员在场情况下进行坑探以查明现状。

（3）对于基坑影响范围内的地上、地下管线及建（构）筑物，必须查阅相关资料并经现场调查，掌握结构的基础、结构形式等情况。

（4）将调查的地上、地下管线及建（构）筑物的位置埋深等实际情况按照比例标注在施工平面图上，并在现场做出醒目标志。

（5）分析调查、坑探等资料，作为编制地上、地下管线及建（构）筑物保护方案和采取安全保护措施的依据。

（二）编制地下管线保护方案

（1）必须对施工过程中地上、地下管线及建（构）筑物可能出现的安全状态进行分析，制定相应的地上、地下管线及建（构）筑物保护、加固和支护措施，保证地下管线安全运行。

（2）对于重要的地上、地下管线及建（构）筑物必须进行基坑开挖工况影响分析，确定影响程度，以便在施工措施中确定合理的基坑支护、开挖方法，确保施工过程中管线及各种构筑物的安全。

（3）地下管线保护方案须征得管理单位同意后方可实施。

（三）现况管线改移、保护措施

（1）对于基坑开挖范围内的管线，应与建设单位、规划单位和管理单位协商确定管线拆迁、改移和悬吊加固措施。

（2）基坑开挖影响范围内的地上、地下管线及建（构）筑物的安全受施工影响，或其危及施工安全时，均应进行临时加固，经检查、验收，确认符合要求，并形成文件后，方可施工。

（3）开工前，由建设单位召开工程范围内有关地上、地下管线及建（构）筑物、人防、地铁等设施管理单位参加的调查配合会，由管理单位指认所属设施及其准确位置，设明显标志。

（4）在施工过程中，必须设专人随时检查地上、地下管线及建（构）筑物、维护加固设施，以保持完好。

（5）观测管线沉降和变形并记录，遇到异常情况，必须立即采取安全技术措施。

二、应急预案与抢险组织

（1）必须制定应急预案和有效安全技术措施。

（2）建立应急组织体系，配备应急抢险的人员、物资和设备，组织体系应保证在紧急状态时可以快速调动人员、物资和设备，并根据现场实际情况进行应急演练。

（3）出现异常情况，应立即通知管理单位人员到场处理、抢修。

【案例1K420152】

1. 背景

某市政工程公司，安全生产许可证到期未复审被吊销。拟承接地下自来水管线的改移工作，生产经理安排不具备有限空间作业监护资格的张某某担任作业现场监护人，带领作业人员对改移管线周边进行地下管线的调查。调查到一个尚未投入使用的污水井（内径0.8m，深5.6m，井内积水0.7m），打开井盖自然通风约0.5h后，未对井内气体进行检测，也未采取强制通风措施，作业人员两人便先后下井调查。当第一人快到井底时，因缺氧窒息坠落井下积水中，第二人试图施救，但也因缺氧窒息坠落井下积水中，其他人员拨打119、120报警，将井下两人救出后，送医院抢救无效死亡。

2. 问题

事故的直接和间接原因分别是什么？

3. 参考答案

直接原因：

（1）下井作业人员安全意识淡薄，在井下气体环境安全状况不明的情况下，违章冒险下井作业，是事故发生的直接原因之一。

（2）公司生产经理违章指挥，安排未经专门的安全技术培训、不具备有限空间作业监护资格的人现场监护，致使作业过程中安全技术交底未得到落实，安全监护流于形式，作业人员违章冒险作业，是事故发生的直接原因之二。

间接原因：

（1）现场监护人未依法履行现场监护职责，未组织人员对井下气体进行检测，致使作业人员在井下气体环境安全状况不明的情况下冒险作业，是事故发生的间接原因之一。

（2）此公司无安全生产许可证从事相关的生产经营活动，并疏于对作业人员的有限空间作业现场监管，致使作业人员违章作业，是事故发生的又一间接原因。

1K420160　城市桥梁工程施工安全事故预防

1K420161　桩基施工安全措施

以下内容主要涉及沉入桩和混凝土灌注桩施工安全控制要点及技术措施。

一、避免桩基施工对地下管线的破坏

（一）开工前应采取的安全措施

（1）通过调查、详勘掌握桩基施工地层内各种地上、地下管线及建（构）筑物，包括上水、雨水、污水、电力、电信、煤气及热力等管线资料以及各管线距施工区域距离。

（2）现场做好管线拆迁改移或保护工作。

（3）现场准确标识，以便桩位避开地下管线，施工中做好监测工作。

（二）施工安全保证措施

（1）沉入桩施工安全控制主要包括：桩的制作、桩的吊运与堆放和沉入施工。

（2）混凝土灌注桩施工安全控制涉及施工场地、护筒埋设、护壁泥浆、钻孔施工、钢

筋笼制作及安装和混凝土浇筑。

二、沉入桩施工安全控制要点

（一）桩的制作

1．混凝土桩制作

（1）预制构件的吊环位置及其构造必须符合设计要求。吊环必须采用未经冷拉的HPB300级热轧钢筋制作，严禁以其他钢筋代替。

（2）钢筋加工场应符合施工平面布置图的要求，场地采取硬化措施，钢筋码放时，应采取防止锈蚀和污染的措施，标识标牌齐全；整捆码垛高度不宜超过2m，散捆码垛高度不宜超过1.2m。

（3）加工成型的钢筋笼、钢筋网和钢筋骨架等应水平放置。码放高度不得超过2m，码放层数不宜超过3层。

2．钢桩制作

（1）在露天场地制作钢桩时，应有防雨、雪设施，周围应设护栏，非施工人员禁止入内。

（2）剪切、冲裁作业时，应根据钢板的尺寸和质量确定吊具和操作人数，不得将数层钢板叠在一起剪切和冲裁；操作人员双手距刃口或冲模应保持20cm以上的距离，不得将手置于压紧装置或待压工件的下部，送料时必须在剪刀、冲刀停止动作后作业。

（3）根据焊接与切割安全的基本要求，气割加工现场必须按消防部门的规定配置消防器材，周围10m范围内不得堆放易燃易爆物品；操作者必须经专业培训，持证上岗。

（4）焊接作业现场应按消防部门的规定配置消防器材，周围10m范围内不得堆放易燃易爆物品。操作者必须经专业培训，持证上岗。焊工作业时必须使用带有滤光镜的头罩或手持防护面罩，戴耐火的防护手套，穿焊接防护服和绝缘、阻燃、抗热防护鞋；清除焊渣时应戴护目镜。

（5）涂漆作业场所应采取通风措施，空气中可燃、有毒、有害物质的浓度应符合现行涂装作业安全规程中涂漆工艺安全及其通风净化的要求。

（二）桩的吊运、堆放

（1）吊装应由具有吊装施工经验的施工技术人员主持。吊装作业必须由信号工指挥。

（2）预制混凝土桩起吊时的强度应符合设计要求，设计无要求时，混凝土应不小于设计强度的75%。

（3）桩的吊点位置应符合设计或施工组织设计规定。

（4）桩的堆放场地应平整、坚实、不积水。混凝土桩支点应与吊点在一条竖直线上，堆放时应上下对准，堆放层数不宜超过4层。钢桩堆放支点应布置合理，防止变形，并应采取防滚动措施，堆放层数不得超过3层。

（三）沉桩施工

（1）在施工组织设计中，应根据桩的设计承载力、桩深、工程地质、桩的破坏临界值和现场环境等状况选择适宜的沉桩方法和机具，并规定相应的安全技术措施。

（2）沉桩作业应由具有经验的技术工人指挥。作业前指挥人员必须检查各岗位人员的准备工作情况和周围环境，确认安全后，方可向操作人员发出指令。

（3）振动沉桩时，沉桩机、机座、桩帽应连接牢固，沉桩机和桩的中心应保持在同一轴线上。用起重机悬吊振动桩锤沉桩时，其吊钩上必须有防松脱的保护装置，控制吊钩下

降速度与沉桩速度一致，保持桩身稳定。

（4）射水沉桩时，应根据土质选择高压水泵的压力和射水量，并应防止急剧下沉造成桩机倾斜。高压水泵的压力表、安全阀，输水管路应完好。压力表和安全阀必须经检测部门检验、标定后方可使用。施工中严禁将射水管冲向人、设备和设施。

（5）沉桩过程中发现贯入度发生突变、桩身突然倾斜、桩头桩身破坏、地面隆起或桩身上浮等情况时应暂停施工，经采取措施确认安全后，方可继续沉桩。

三、钻孔灌注桩施工安全控制要点

（一）场地要求

施工场地应能满足钻孔机作业的要求。旱地区域地基应平整、坚实；浅水区域应采用筑岛方法施工；深水河流中必须搭设水上作业平台，作业平台应根据施工荷载、水深、水流、工程地质状况进行施工设计，其高程应比施工期间的最高水位高 700mm 以上。

（二）钻孔施工

（1）施工场地应平整、坚实；非施工人员禁止进入作业区。

（2）不得在高压线线路下施工。施工现场附近有电力架空线路时，施工中应设专人监护，确认钻机的安全距离在任何状态下均符合表 1K420161 的规定。

高压线线路与钻机的安全距离表　　表 1K420161

电压	1kV 以下	1～10kV	35～110kV
安全距离（m）	4	6	8

（3）钻机的机械性能必须符合施工质量和安全要求，状态良好，操作工持证上岗。

（4）钻机运行中作业人员应位于安全位置，严禁人员靠近或触摸旋转钻杆；钻具悬空时严禁下方有人。

（5）钻孔过程中，应检查钻渣，与地质剖面图核对，发现不符时应及时采取安全技术措施。

（6）钻孔应连续作业。相邻桩之间净距小于 5m 时，邻桩混凝土强度达 5MPa 后，方可进行钻孔施工；或间隔钻孔施工。

（7）成孔后或因故停钻时，应将钻具提至孔外置于地面上，保持孔内护壁泥浆的高度防止塌孔，孔口采取防护措施。钻孔作业中发生塌孔和护筒周围冒浆等故障时，必须立即停钻。钻机有倒塌危险时，必须立即将人员和钻机撤至安全位置，经技术处理并确认安全后，方可继续作业。

（8）采用冲抓钻机钻孔时，当钻头提至接近护筒上口时，应减速、平稳提升，不得碰撞护筒，作业人员不得靠近护筒，钻具出土范围内严禁有人。

（9）泥浆沉淀池周围应设防护栏杆和警示标志。

（三）钢筋笼制作与安装

（1）加工成型的钢筋笼应水平放置，堆放场地平整、坚实。码放高度不得超过 2m，码放层数不宜超过 3 层。

（2）钢筋笼长度较大、影响起重吊装安全时，允许分段制作加工。

（3）应根据钢筋质量、钢筋骨架外形尺寸、现场环境和运输道路等情况，选择适宜的运输车辆和吊装机械。

（4）钢筋笼吊装机械必须满足要求，并有一定的安全储备。分段制作的钢筋笼入孔后进行竖向连接时，起重机不得摘钩、松绳，严禁操作工离开驾驶室。骨架连接完成，经验收合格后，方可松绳、摘钩。

（5）在孔口焊接作业时，应在护筒外搭设焊接操作平台，且应牢固平整。

（四）混凝土浇筑

（1）浇筑水下混凝土的导管宜采用起重机吊装，就位后必须临时固定牢固方可摘钩。

（2）浇筑水下混凝土漏斗的设置高度应依据孔径、孔深、导管内径等确定。

（3）提升导管的设备能力应能克服导管和导管内混凝土的自重以及导管埋入部分内外壁与混凝土之间的黏滞阻力，并有一定的安全储备。

（4）浇筑前作业组长应检查各项准备工作，确认合格后，方可发布浇筑混凝土指令。

（5）在浇筑水下混凝土过程中，必须采取防止导管进水和阻塞、埋管、塌孔的措施。

（6）灌注过程中，应注意观察管内混凝土下降和孔内水位升降情况，及时测量孔内混凝土高度，正确指挥导管的提升和拆除。

四、人工挖孔桩

（1）在特殊条件下需人工挖孔时，应根据设计文件、水文地质条件、现场状况编制专项施工方案。

（2）护壁结构应经计算确定。

（3）施工中应采取防坠落、坍塌、缺氧和有毒、有害气体中毒的措施。

（4）每日开工前必须检测井下的有毒、有害气体。桩孔开挖深度超过10m时，应有专门向井下送风的设备，风量不宜少于25L/s。

（5）孔内必须设置应急软爬梯供人员上线；使用的电动葫芦、吊笼等应安全可靠，并配有自动卡紧保险装置；电动葫芦使用前必须检验其安全起吊能力。

（6）孔口四周必须设置护栏，护栏高度不小于1.2m；挖出的土石方应及时运离孔口，不得堆放在孔口周边1m范围内，机动车辆的通行不得对井壁的安全造成影响。

1K420162 模板、支架和拱架施工安全措施

以下内容主要涉及桥梁工程模板、支架和拱架搭设与拆除的安全措施。

一、工前准备阶段

（一）一般规定

（1）作业人员应经过专业培训、考试合格，持证上岗，并应定期体检，不适合高处作业者，不得进行搭设与拆除作业。

（2）进行搭设与拆除作业时，作业人员必须戴安全帽、系安全带、穿防滑鞋。

（3）起重设备应经检验符合施工方案或专项方案的要求。

（4）模板、支架和拱架的材料、配件符合有关规范标准规定。

（二）方案与论证

（1）施工前应根据构筑物的施工方案选择合理的模板、支架和拱架形式，在专项施工方案中制定搭设、拆除的程序及安全技术措施。

（2）当搭设高度和施工荷载超过有关规范或规定范围时，必须按相关规定进行设计，经结构计算和安全性验算确定，并按规定组织专家论证。

二、模板、支架和拱架搭设

（一）模板、支架和拱架搭设与安装

（1）模板、支架和拱架应严格按照施工方案或专项方案搭设和安装。

（2）模板、支架和拱架支搭完成后，必须进行质量和安全检查，经验收合格，并形成文件后，方可交付使用。

（3）施工中不得超载，不得在模板、支架和拱架上集中堆放物料。

（4）模板、支架和拱架使用期间，应经常检查、维护，保持完好状态。

（二）脚手架搭设

（1）脚手架应按规定采用连接件与构筑物相连接，使用期间不得拆除；脚手架不得与模板支架相连接。

（2）作业平台上的脚手板必须在脚手架的宽度范围内铺满、铺稳。作业平台下应设置水平安全网或脚手架防护层，防止高空物体坠落造成伤害。

（3）严禁在脚手架上架设混凝土泵等设备。

（4）脚手架支搭完成后应与模板、支架和拱架一起进行检查验收，形成文件后，方可交付使用。

三、模板、支架和拱架拆除

（1）模板、支架和拱架拆除现场应设作业区，其边界设警示标志，并由专人值守，非作业人员严禁入内。

（2）模板、支架和拱架拆除采用机械作业时应由专人指挥。

（3）模板、支架和拱架拆除应按施工方案或专项方案要求由上而下逐层进行，严禁上下同时作业。

（4）严禁敲击、硬拉模板、杆件和配件。

（5）严禁抛掷模板、杆件、配件。

（6）拆除的模板、杆件、配件应分类码放。

1K420163 箱涵顶进施工安全措施

以下内容主要涉及箱涵施工穿越铁路、道路、桥涵和管线等构筑物时应采取的安全措施和防护措施。

一、施工前安全措施

（一）现场踏勘调查

（1）在铁路的路基下顶进，为确保列车安全通行与安全施工，在编制施工组织设计前应掌握客、货车辆运行状况，车辆通过次数，车辆间隔和运行速度，股道数量，间距和高程以及线路和道岔种类及使用性质。

（2）在公路、城市道路路基下顶进，为确保交通安全与施工安全，在编制施工组织设计前应掌握路面结构、交通情况，特别是了解路基中埋设的地下管线、电缆及其他障碍物等情况。

（3）了解线路管理部门对施工的要求和施工期间交通疏导及机车限速的可行性。

（二）人员与设备

（1）作业人员进行安全技术培训，经考核合格后上岗。

（2）作业设备进行性能和安全检查，符合有关安全规定。

（3）现场动力、照明的供电系统应符合有关安全规定。

二、施工安全保护

（一）铁道线路加固方法与措施

（1）小型箱涵，可采用调轨梁或轨束梁的加固法。

（2）大型即跨径较大的箱涵，可用横梁加盖、纵横梁加固、工字轨束梁或钢板脱壳法。

（3）在土质条件差、地基承载力低、开挖面土壤含水量高、铁路列车不允许限速的情况下，可采用低高度施工便梁方法。

（二）路基加固方法与措施

（1）采用管棚超前支护和水平旋喷桩超前支护方法，控制路基变形在安全范围内。

（2）采用地面深层注浆加固方法，提高施工断面上方的土体稳定性。

（三）管线迁移和保护措施

（1）施工影响区的重要管线（水、气、电等）应尽可能采取迁移措施。

（2）无法迁移的管线应采取有效的保护措施。

（3）编制应急措施，并备有相应的抢险人员、物质和设备。

三、施工安全保护措施

（一）施工区域安全措施

（1）限制铁路列车通过施工区域的速度，限制或疏导路面交通。

（2）设置施工警戒区域护栏和警示装置，设置专人值守。

（3）加强施工过程的地面、地上构筑物、地下管线的安全监测，及时反馈、指导施工。

（二）施工作业安全措施

（1）施工现场（工作坑、顶进作业区）及路基附近不得积水浸泡。

（2）应按规定设立施工现场围挡，有明显的警示标志，隔离施工现场和社会活动区，实行封闭管理，严禁非施工人员入内。

（3）在列车运行间隙或避开交通高峰期开挖和顶进，列车通过时，严禁挖土作业，人员应撤离开挖面。

（4）箱涵顶进过程中，任何人不得在顶铁、顶柱布置区内停留。

（5）箱涵顶进过程中，当液压系统发生故障时，严禁在工作状态下检查和调整。

（6）现场施工必须设专人统一指挥和调度。

1K420164 旧桥拆除施工安全措施

以下内容以梁式桥为主，简要介绍城市桥梁拆除施工安全管理要点和措施。

一、安全基本规定与前期工作

（一）安全基本规定

（1）桥梁拆除工程必须由具备爆破或拆除相应承包资质的单位施工，严禁将工程非法转包。

（2）施工单位应全面了解拆除工程的图纸和资料，进行现场勘察，编制施工组织设计或安全专项施工方案，所编写的施工组织设计或方案和安全技术措施应有针对性、安全性

及可行性。

（3）拆除工程施工区域应设置硬质封闭围挡及醒目警示标志，围挡高度不应低于2.5m，非施工人员不得进入施工区。

（4）拆除工程必须制定生产安全和环境保护方案，并制定应急救援预案。

（5）拆除施工严禁立体交叉作业。

（6）作业人员使用手持机具（风镐、液压锯、水钻、冲击钻等）时，严禁超负荷或带故障运转。

（7）根据拆除工程施工现场作业环境，应制定相应的消防安全措施。施工现场应设置消防车通道，宽度应不小于4m，现场消火栓控制范围不宜大于40m。配备足够的灭火器材，每个设置点的灭火器数量以2～5具为宜。

（二）前期调查

（1）桥梁原有建设、运营等资料调查：收集原有设计、施工、运营、维修加固等资料。

（2）桥梁现状评价：应全面查看桥梁结构，量测结构基本尺寸，复核病害，检测评定。

（3）现场条件调查：测量场地平面图，调查弃渣场地、运输通道等。

（4）关联单位的意向和要求调查：桥梁拆除可能涉及与政府、水利、航运、海事、供电、城建、市政、交通等方面的协调，应充分征求各方面的意见。

（三）初步施工组织设计

初步施工组织设计可用于城市桥梁拆除工程投标或决策论证，其要求如下：

（1）应针对结构体系、类型不同而采取不同的拆除方法。

（2）应结合计算分析，安排拆除步骤和控制拆除过程的结构内力。

（3）应参考原结构的施工方法。

（4）应针对桥梁缺陷和病害严重程度，区别对待，如病害严重者，在梁体上直接放置机具设备可能出现垮塌，因此，在拆除之前，还要采取临时加固措施。

（5）应考虑拆除设备运行和工艺的可行性。

（6）应考虑对保留构件（如下部结构）安全措施和拆下部分构件再利用的可能性。

（7）应综合考虑监控、安全措施、交通组织、环境保护措施、应急预案、施工组织、工期安排、概算的协调。

（四）专家论证应考虑的问题

1. 安全性的保证

结构拆除时，随着体系转换、解体、构件卸下、破碎、运输等过程中，不会出现突然的破坏、断裂、失稳、倾覆；结构拆除时，不会出现机械设备、支架的失稳、倾覆；施工人员的安全不受威胁；邻近场地的建筑物、交通、过往人员的安全不受威胁。安全的保证需要落实在实施方案的细节中。

2. 施工的可行性

原结构受力、构造特点；原施工建造方案；原结构病害和加固情况；不同的拆除目标，如部分拆除、全部拆除，原位重建还是不建；拟采用机具设备、工艺特点；场地的平、立面空间条件；运输条件。

3．对交通的影响

因原路改（扩）建，需要拆除桥梁（主线、被交道路）；原位重建时，可能完全中断交通或部分中断交通；在不允许中断交通的情况下，可否部分导改交通、修建临时便道或桥梁分幅、分跨拆除；拆除的设备能否侵占道路等与拆除方案密切相关，也是施工可行性考虑的因素。

4．对环境的影响

拆除过程中形成的噪声、粉尘、建筑垃圾应该有妥善的处理措施。

二、实施性施工方案编制

（一）主要内容

（1）施工单位在承接到城市桥梁拆除工程以后，应对桥梁拆除初步方案进行全面优化和细化，如拆除的方式、方法和步骤、计算分析、机具设备、工艺细节、施工组织、工期安排、交通组织、环境保护措施等，特别是安全技术措施、应急预案。

（2）梁式桥常用的拆除施工方法：

1）直接拆除法。

2）搭设支架拆除法。

3）控制（定向、定位）爆破法。

4）解除体系分体拆除法。

5）悬浇箱梁倒装拆除、分段切割法。

6）整孔切割法。

7）顶推移位分段（孔）切割法。

（3）施工方法选择：

1）应依据设计原则，与所拥有的机具设备匹配，符合现场条件。

2）必须是可控制的，安全措施能够落到实处。

3）应能够与监控、交通组织、施工组织、预案协调。

4）一个拆除工程可能是多个方法的集合，不宜单一、机械地采用某一个方法。

（4）安全保证内容：

1）施工控制是对拆除的安全保证。与桥梁建设施工相比，桥梁拆除施工控制对安全的要求更高。

2）桥梁拆除实施性施工方案应包括：

① 拥有合理的实施方案。

② 明确的控制目标和内容。

③ 必要的监控手段。

④ 交通组织计划。

⑤ 安全措施及应急预案。

⑥ 各部门的协调方案。

⑦ 严密的施工组织计划（包含组织机构）。

（二）施工安全控制重点

1．控制重点

除对拆除对象的过程控制外，需要控制机械设备状态、支架稳定和变形、临时设施；

需要控制解除以往的加固措施进程（如解除体外预应力束）；需要控制因拆桥影响桥位的路上交通和河流中的航运；需要控制拆下来的构件残渣堆放等。

2. 监控措施

对复杂结构的桥梁或拆除过程复杂、困难的情况，应该采取监控手段（如仪器监测），通过必要的计算分析，对标高、变形、应力实时控制，及时反馈施工操作人员。

3. 交通组织

通常拆桥伴随着新建或影响被交插道路交通；在高速公路上拆桥，会面临封路时从封一幅交通转换到封另一幅的情况，需要考虑车辆行驶的车道数、时间等因素，应精细安排。

4. 安全措施和应急预案

与新建桥相比，桥梁拆除的安全保证难度要大得多。拆除过程中应引起足够的重视。安全措施和应急预案的制定应注意：

（1）建立安全保证体系。

（2）建立安全防护措施。

（3）建立信息及时反馈机制。

（4）必要的设备、物资准备，在发生突然情况时能及时控制和调整。

三、桥梁拆除施工

（一）施工准备

（1）施工单位与建设单位在签订拆除工程的施工合同时，应签订安全生产管理协议，明确双方的安全管理责任。施工单位应对拆除工程的安全技术管理负直接责任；建设单位、监理单位应对拆除工程施工安全负检查督促责任。

（2）建设单位应将拆除工程发包给具有相应资质等级的施工单位。建设单位应在拆除工程开工前15d，将下列资料报送建设工程所在地的县级以上地方人民政府建设行政主管部门备案：

1）施工单位资质等级证明。

2）拟拆除桥梁、构筑物及可能危及毗邻建筑的说明。

3）拆除施工组织方案或安全专项施工方案。

4）堆放、清除废弃物的措施。

（3）施工单位应向建设单位索取下列资料：

1）拆除工程的有关图纸和资料。

2）拆除工程涉及区域的地上、地下建筑及设施分布情况资料。

建设单位对上述资料准确性负责。

（4）建设单位应负责做好影响拆除工程安全施工的各种管线的切断、迁移工作。当桥梁附近有架空线路或电缆线路时，应与有关部门取得联系，采取防护措施，确认安全后方可施工。

（5）当拆除工程对周围相邻建筑安全可能产生危险时，必须采取相应保护措施，对建筑内的人员进行撤离安置。

（6）在拆除作业前，施工单位应检查各类管线情况，确认全部切断后方可施工。

（7）在拆除工程作业中，发现不明物体应停止施工，采取相应的应急措施，保护现

场，及时向有关部门报告。

（二）安全施工管理

1．人工拆除

（1）进行人工拆除作业时，作业人员应站在稳定的结构或脚手架上操作，被拆除的构件应有安全的放置场所。

（2）人工拆除施工应从上至下、逐层拆除、分段进行，不得垂直交叉作业。作业面的孔洞应封闭。

（3）人工拆除挡土墙时，严禁采用掏掘或推倒的方法。

（4）拆除桥梁的栏杆、楼梯、楼板等构件，应与桥梁结构整体拆除进度相配合，不得先行拆除。桥梁的承重梁、柱，应在其所承载的全部构件拆除后，再进行拆除。

（5）拆除梁或悬挑构件时，应采取有效的下落控制措施，方可切断两端的支撑。

（6）拆除柱子时，应沿柱子底部剔凿出钢筋，使用手动倒链定向牵引，再采用气焊切割柱子三面钢筋，保留牵引方向正面的钢筋。

（7）拆除管道及容器时，必须在查清残留物的性质，并采取相应措施确保安全后，方可进行拆除施工。

2．机械拆除

（1）拆除桥梁时应先拆除桥面的附属设施及挂件、护栏等。

（2）当采用机械拆除桥梁时，应从上至下，逐层分段进行；应先拆除非承重结构，再拆除承重结构。对只进行部分拆除的桥梁，必须先将保留部分加固，再进行分离拆除。

（3）施工中必须由专人负责监测被拆除桥梁的结构状态，做好记录。当发现有不稳定趋势时，必须停止作业，采取有效措施，消除隐患。

（4）拆除施工时，应按照施工组织设计选定的机械设备及吊装方案进行施工，严禁超载作业或任意扩大使用范围。供机械设备使用的场地必须保证足够的承载力。作业中机械不得同时回转、行走。

（5）进行高处拆除作业时，较大尺寸的构件或沉重的材料，必须采用起重机具及时吊下。拆卸下来的各种材料应及时清理，分类堆放在指定场所，严禁向下抛掷。

（6）采用双机抬吊作业时，应选用起重性能相似的起重机，每台起重机载荷不得超过允许载荷的 80%，且应对第一吊进行试吊作业，施工中必须保持两台起重机同步作业。在吊装过程中，两台起重机的吊钩滑轮组应保持垂直状态。

（7）拆除吊装作业的起重机司机，必须严格执行操作规程。信号指挥人员必须按照《起重机 手势信号》GB/T 5082—2019 的规定作业。

（8）拆除钢梁时，必须采用绳索将其拴牢，待起重机吊稳后，方可进行气焊切割作业。吊运过程中，应采用辅助措施使被吊物处于稳定状态。

3．爆破拆除

（1）爆破拆除工程应根据周围环境作业条件、桥梁类别、爆破规模，按照《爆破安全规程》GB 6722—2014 将工程分为 A、B、C、D 四级，并采取相应的安全技术措施。爆破拆除工程应做出安全评估并经当地有关部门审核批准后方可实施。

（2）从事爆破拆除工程的施工单位，必须持有工程所在地法定部门核发的《爆炸物品使用许可证》，承担相应等级的爆破拆除工程。爆破拆除设计人员应具有承担爆炸拆除

作业范围和相应级别的爆破工程技术人员作业证。从事爆破拆除施工的作业人员应持证上岗。

爆破作业单位不得对本单位的设计进行安全评估，不得监理本单位施工的爆破工程。

（3）爆破器材必须向工程所在地法定部门申请《爆炸物品购买许可证》，到指定的供应点购买，爆破器材严禁赠送、转让、转卖、转借。爆破器材的现场检测应符合《爆破安全规程》GB 6722—2014 要求。

（4）运输爆破器材时，必须向工程所在地法定部门申请领取《爆炸物品运输许可证》，派专职押运员押送，按照规定路线运输。

（5）爆破器材临时保管地点，必须经当地法定部门批准。严禁同室保管与爆破器材无关的物品。

（6）爆破拆除的预拆除施工应确保桥梁安全和稳定。预拆除施工可采用机械和人工方法拆除非承重的或不影响结构稳定的构件。

（7）对桥梁采用定向爆破拆除工程时，爆破拆除设计应控制桥梁倒塌时的触地震动。必要时应在倒塌范围铺设缓冲材料或开挖防震沟。

（8）为保护邻近建筑和设施的安全，爆破震动强度应符合《爆破安全规程》GB 6722—2014 的有关规定。基础爆破拆除时，应限制一次同时使用的药量。

（9）爆破拆除施工时，应对爆破部位进行覆盖和遮挡，覆盖材料和遮挡设施应牢固可靠。

（10）爆破拆除应采用电力起爆网路和非电导爆管起爆网路。电力起爆网路的电阻和起爆电源功率，应满足设计要求；非电导爆管起爆应采用复式交叉封闭网路。爆破拆除不得采用导爆索网路或导火索起爆方法。装药前，应对爆破器材进行性能检测。试验爆破和起爆网路模拟试验应在安全场所进行。

爆破拆除工程的实施应在工程所在地有关部门领导下成立爆破指挥部，应按照施工组织设计确定的安全距离设置警戒。爆破拆除工程的实施除应符合上述要求外，必须按照《爆破安全规程》GB 6722—2014 的规定执行。

4. 静力破碎

（1）进行基础或局部块体拆除时，宜采用静力破碎的方法。

（2）采用具有腐蚀性的静力破碎剂作业时，灌浆人员必须戴防护手套和防护眼镜。孔内注入破碎剂后，作业人员应保持安全距离，严禁在注孔区域行走。一旦发生静力破碎剂与人体接触，应立即使用清水清洗受浸蚀部位的皮肤。

（3）静力破碎剂必须放置在防潮、防雨的库房内保存。静力破碎剂严禁与其他材料混放。

（4）为防止在相邻两孔之间同时作业导致喷孔，造成人员伤害。在相邻的两孔之间，严禁钻孔与注入破碎剂同步施工。

（5）静力破碎时，发生异常情况，必须停止作业，直到查清原因并采取相应措施确保安全后，方可继续施工。

（三）安全防护措施

（1）拆除施工采用的脚手架、安全网，必须由专业人员按设计方案搭设，项目负责人组织技术、安全部门的有关人员验收合格后，方可投入使用。水平作业时，操作人员应保

持安全距离。

（2）安全防护设施验收时，应按类别逐项查验，并有验收记录。

（3）作业人员必须配备相应的安全帽、安全带、防护眼镜、防护手套、防护工作服等，并正确使用。

（4）施工单位必须依据拆除工程安全施工组织设计或安全专项施工方案，在拆除施工现场划定危险区域，设置警戒线和相关的安全标志，并派专人监管。

（5）施工单位必须落实防火安全责任制，建立义务消防组织，明确责任人，负责施工现场的日常防火安全管理工作。

（四）安全技术管理

（1）拆除工程开工前，应根据工程特点、构造情况、工程量等编制施工组织设计或安全专项施工方案，爆破拆除和被拆除桥梁面积大于 1000m^2 的拆除工程，应编制安全施工组织设计；被拆除桥梁面积小于 1000m^2 的拆除工程，应编制安全施工方案。应经施工单位技术负责人和总监理工程师签字批准后实施。施工过程中，如需变更，应经原审批人批准，方可实施。

（2）遇有大雨、大雪、六级（含）以上大风等严重影响安全施工天气时，严禁进行拆除作业。

（3）当日拆除施工结束后，所有机械设备应远离被拆除桥梁。施工期间的临时设施，应与被拆除桥梁保持安全距离。

（4）从业人员应办理相关手续，签订劳动合同，进行安全培训，考试合格后方可上岗作业。

（5）拆除工程施工前，必须对施工作业人员进行书面安全技术交底。

（6）拆除工程施工必须建立安全技术档案，并应包括下列内容：

1）拆除工程施工合同及安全管理协议书。

2）拆除工程安全施工组织设计或安全专项施工方案。

3）安全技术交底。

4）脚手架及安全防护设施检查验收记录。

5）劳务用工合同及安全管理协议书。

6）机械租赁合同及安全管理协议书。

（7）施工现场临时用电必须按照《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46—2005 的有关规定执行。

（8）施工现场应建立健全动火管理制度。施工作业动火时，必须履行动火审批手续，领取动火证后，方可在指定时间、地点作业。作业时应配备专人监护，作业后必须确认无火源危险后方可离开作业地点。

（9）拆除工程施工时，当遇有易燃、可燃物及保温材料时，严禁明火作业。

（10）拆除工程施工过程中，当发生重大险情或生产安全事故时，应及时启动应急预案排除险情、组织抢救、保护事故现场，并向有关部门报告。

（五）文明施工管理

（1）清运渣土的车辆应封闭或覆盖，出入现场时应有专人指挥。清运渣土的作业时间应遵守工程所在地的有关规定。

（2）对地下的各类管线，施工单位应在地面上设置明显标识。对水、电、气的检查井、污水井应采取相应的保护措施，井盖应有标识。

（3）拆除工程施工时，应采取向被拆除的部位洒水等措施防止扬尘并采取选用低噪声设备、对设备进行封闭等措施降低噪声；拆除前应设置警戒区，并设专人监护。

（4）拆除工程完工后，应及时将渣土清运出场。

1K420170 隧道工程和非开挖管道施工安全事故预防

1K420171 盾构法施工安全措施

盾构施工的安全控制要点主要涉及盾构机组装、调试、解体与吊装、盾构始发与接收、障碍物处理、掘进过程中换刀以及特殊地段及特殊地质条件施工。

一、盾构机组装、调试、解体与吊装

由于盾构机体积庞大、重量重，且一般工作井内空间狭窄，因此，盾构机的组装、调试、解体与吊装是盾构施工安全控制重点之一，要制定专项施工方案。这项工作的安全控制重点是人员安全与设备安全。

（1）使用轮式起重机向工作井内吊放或从工作井内吊出盾构机前，要仔细确认起重机支腿处支撑点的地基承载能力满足最大起重量要求，并确认起重机吊装时工作井的围护结构安全。

（2）起重机吊装过程中，要随时监测工作井围护结构的变形情况，若超过预测值，立即停止吊装作业，采取可靠措施。

（3）采取措施严防重物、操作人员坠落。

（4）使用电、气焊作业时，严防火灾发生。

二、盾构始发与接收

盾构始发与接收施工时，须拆除洞口临时围护结构，若洞口土体失去稳定，则易发生坍塌而引发事故；或者地下水携带土砂从衬砌外围与洞体之间的间隙涌入工作井，造成洞口周围地层变形增大。

（1）拆除洞口临时围护结构前，必须确认洞口土体加固效果，以确保拆除后洞口土体稳定。

（2）施作好洞口密封，并设置注浆孔，作为洞口防水堵漏的应急措施，以防止盾构始发期间土砂随地下水从衬砌外围与洞体之间的间隙涌入工作井。

三、障碍物处理

盾构掘进前方遇有障碍物必须在地下处理时，应采取必要措施确保操作人员安全：

（1）地下障碍物处理前，必须查明障碍物，并制定处理方案。

（2）在开挖面拆除障碍物时，可选择带压作业或地层加固的施工方法，控制地层开挖量，确保开挖面稳定。

四、掘进过程中换刀

（1）换刀作业尽量选择在地质条件较好、地层较稳定的地段进行。

（2）在不稳定地层换刀时，必须采用地层加固或气压法等措施，确保开挖工作面土体稳定。

（3）带压进仓换刀前必须完成下列准备工作：

1）作业设备进行全面检查和试运行。

2）采用两种不同动力装置，保证不间断供气。

3）带压作业区严禁采用明火。确需使用电焊、气割时，应对所用设备加强安全检查，必须加强通风并增加消防设备。

（4）带压换刀作业安全规定：

1）通过计算和试验确定合理气压，稳定开挖面并防止地下水渗漏。

2）刀盘前方地层和土仓满足气密性要求。

3）专业技术人员对开挖面稳定状态和刀盘、刀具磨损状况进行检查，确定换刀专项方案和安全操作规定。

4）作业人员应按换刀专项方案和安全操作规定作业。

5）保持开挖面和土仓空气新鲜。

6）作业人员进仓工作时间符合《盾构法隧道施工及验收规范》GB 50446—2017 的规定。

五、特殊地段及特殊地质条件下掘进

（1）在以下特殊地段和特殊地质条件施工时，必须采取施工措施确保施工安全：

1）覆土厚度不大于盾构直径的浅覆土层地段。

2）小曲线半径地段。

3）大坡度地段。

4）地下管线地段和地下障碍物地段。

5）建（构）筑物地段。

6）平行盾构隧道净间距小于盾构直径 70% 的小净距地段。

7）江河地段。

8）地质条件复杂（软硬不均互层）地段和砂卵石地段。

（2）必须详细查明和分析工程的地质状况与隧道周边环境状况，制定专项施工方案。

（3）根据隧道所处位置与地层条件，合理设定开挖面压力，控制地层变形。

（4）根据隧道所处位置与工程地质、水文地质条件，确定同步注浆的材料、压力和流量，在施工过程中根据监测结果及时进行调整。

（5）必要时加密监测测点、提高监测频率，并根据监测结果及时调整掘进参数。

（6）地下管线区段施工前，应详细查明地下管线类型、允许变形值等；评估施工对地下管线的影响，对受施工影响可能产生较大变形的管线应根据具体情况进行加固或改移。

（7）穿越或邻近建（构）筑物施工前应对建（构）筑物进行详细调查，评估施工对建（构）筑物的影响，并采取相应的保护措施。根据建（构）筑物基础与结构的类型、现状，可采取加固或托换措施。

（8）穿越江河地段施工应详细查明工程地质和水文地质条件及河床状况，满足距河床底最小安全净距要求，设定适当的开挖面压力，加强开挖面管理与掘进参数控制，防止冒浆和地层坍塌；并对盾构密封系统进行全面检查和处理；配备足够的排水设备与设施。穿越过程中，采用快凝早强注浆材料，加强同步注浆和二次补充注浆。

【案例1K420171】

1. 背景

某地铁隧道盾构法施工，采用土压平衡盾构施工。隧道穿越粉细砂层、含有上层滞水，覆土厚度10～12m。拟建隧道上方6m位置有地下管线，经检测评估给出保证管线运行安全允许变形（不均匀沉降）值为10mm。

施工项目部将始发和接收作为安全控制的重点；在确认洞口土体加固效果符合设计要求，拆除洞口围护结构后开始始发施工；并通过初始掘进摸索，确定了各项掘进参数。盾构接近地下管线时，监测数据显示管线隆起2mm；盾构尾部刚刚通过地下管线时，管线沉降已达10mm。监测方依据有关规定发出红色预警。

2. 问题

（1）在本案例中，如何确定洞口土体加固方法与范围？

（2）盾构接近地下管线时，管线隆起的主要原因是什么？

（3）盾构尾部刚刚通过地下管线时，管线沉降的主要原因是什么？应采取哪些措施减小沉降消除预警？

（4）盾构穿越地下管线后，管线是否还将发生后续沉降，为什么？

3. 参考答案

（1）根据本案例提供的工程地质与水文地质条件，明确洞口土体加固目的有两个：其一是加固，其二是止水。明确目的后，经过方法选择、加固土体参数确定、加固范围确定、施工性与经济性比较，最终确定加固方法与范围。

（2）盾构接近地下管线时，管线隆起的主要原因是土压控制值偏高。

（3）盾构尾部刚刚通过地下管线时，管线沉降的主要原因是衬砌背后与洞体的空隙填充不及时或注浆压力偏低造成地层应力释放。

应采取的措施主要有：

1）放慢掘进速度。

2）采用同步注浆方法，及时填充衬砌背后的空隙。

3）控制好注浆量与注浆压力，并及时进行二次注浆。采取以上措施，不均匀沉降值降至7mm以下，方可做消警处理。

（4）根据本案例的工程地质条件，盾构穿越地下管线后，一般不会发生后续沉降。因为后续沉降主要是由盾构掘进造成地层扰动、松弛等引起，在软弱黏性土地层中施工表现最为明显，而在砂性土或密实的硬黏性土中施工基本不发生。

1K420172　暗挖法施工安全措施

本条主要从喷锚暗挖法施工方案、分部分项工程施工安全防范这两方面介绍喷锚暗挖法施工安全控制措施。

一、准备阶段安全技术管理

（一）技术准备

（1）应依据工程具体情况识别危险源，选择合理的施工方法，编制施工组织设计，明确技术安全措施；对施工场地进行统一规划，做好临时工程和附属辅助设施。

（2）应编制危险性较大分部分项工程专项施工方案和施工现场临时用电方案；专项施工方案应按规定组织专家论证。

（3）项目部应严格技术管理，做好技术交底工作和安全技术交底工作；并做好记录和考核。

（4）编制监控量测方案，布置监测点。

（二）人员准备

（1）特殊工种应经过安全培训，考试合格后方可操作，并持证上岗。

（2）项目负责人、技术人员、管理人员、操作人员都必须学习和遵守安全生产责任制，熟悉安全生产管理制度和操作规程。

（3）项目部全部作业人员必须经过安全培训，通过考核持证进场。

（4）建立抢险专业队伍，并进行演练。

（三）物资准备

（1）按施工组织设计中的物资计划组织施工物资和应急物资进场。

（2）各种电力设施、安全防护装置与用品，按规定进行检验和检查，不符合要求的严禁使用。

（3）按规定安装施工现场通风、照明、防尘、降温和治理有害气体设备，保护施工人员的身心健康。

二、工作井施工

（一）作业区安全防护

（1）在施工组织设计中应根据设计文件、环境条件选择工作井位置。设计无要求时，应对工作井结构及其底部平面布置进行施工设计，满足施工安全的要求。

（2）施工机具、运输车辆距工作井边缘的距离，应根据土质、井深、支护情况和地面荷载并经验算确定，且其最外着力点与井边距离不得小于1.5m。

（3）井口作业区必须设置围挡，非施工人员禁止入内，并建立人员出入工作井的管理制度。

（4）工作井不得设在低洼处且井口应比周围地面高300mm以上，地面排水系统应完好、畅通。

（5）不设作业平台的工作井周围必须设防护栏杆，护栏高度不低于1.2m，栏杆底部500mm应采取封闭措施。

（6）井口2m范围内不得堆放材料。

（7）工作井内必须设安全梯或梯道，梯道应设扶手栏杆，梯道的宽度不应小于1.0m。

（二）工作井土方开挖

（1）工作井邻近各类管线、建（构）筑物时，开挖土方前应按施工组织设计方案对管线、建（构）筑物采取加固措施，并经检查符合规定，形成文件，方可开挖。

（2）采用先开挖后支护方法时，应按施工组织设计的规定，由上至下分层进行，随开挖随支护。支护结构达到规定要求后，方可开挖下一层土方。

（3）人工开挖土方吊装出土时，必须统一指挥。土方容器升降前，井下人员必须撤至安全位置；当土方容器下降落稳后，方可靠近作业。

（4）工作井开挖过程中，施工人员应随时观察井壁和支护结构的稳定状态。发现井壁

土体出现裂缝、位移或支护结构出现变形等坍塌征兆时，必须停止作业，人员撤至安全地带，经处理确认安全，方可继续作业。

(三)工作井锚喷混凝土支护

(1)在Ⅳ、Ⅴ级围岩中进行锚喷支护时，应遵循以下原则：

1)锚喷支护必须紧跟开挖面。

2)喷射作业过程中应设专人随时观察围岩变化情况，确认安全。

(2)安装钢筋(或型钢)拱架和挂网应与挖掘方式紧密结合，每层拱架应及时形成闭合框架结构形式。

(3)锚杆作业过程中应设专人监护支护结构的稳定状态，发现异常必须立即停止作业，人员撤至安全地带，待采取安全技术措施、确认支护结构稳定后，方可继续作业。

(四)工作井口平台、提升架及井架安装

(1)工作井口平台、提升架及井架必须按施工中最大荷载进行施工设计。提升架及井架应支搭防护棚。

(2)工作井口平台、提升架及井架支搭完成，必须经过专项检查、负荷能力检验，确认符合施工设计要求并形成文件后，方可投入使用。

(五)工作井垂直运输

(1)提升设备及其索、吊具、吊运物料的容器、轨道、地锚等和各种保险装置，使用前必须按设备管理的规定进行检查和空载、满载或超载试运行，确认合格并形成文件。使用过程中每天应由专职人员检查一次，确认安全，且记录，并应定期检测和保养。检查、检测中发现问题必须立即停机处理，处理后经试运行合格方可恢复使用。

(2)工作井运输应设专人指挥，协调井上、井下作业人员的配合关系。

(3)使用电动葫芦运输应设缓冲器，轨道两端应设挡板。

(4)使用卷扬机运输，其安装、操作方法必须符合规程要求。卷扬机地锚应埋设牢固，卷扬机与基础或底架的连接应牢固。钢丝绳在卷筒上的安全圈数不应少于3圈，其末端固定应牢固可靠。

(5)使用吊桶(箱)运输时，严禁人员乘坐吊桶(箱)，吊桶(箱)速度不超过2m/s。

(6)提升钢丝绳必须有生产企业的产品合格证，新绳在悬挂前必须对每根绳的钢丝进行试验，确认合格并形成文件后方可使用。库存超过1年的钢丝绳，使用前应进行检验，确认合格并形成文件后方可使用。

三、隧道施工

(一)开挖

(1)在城市进行爆破施工，必须事先编制爆破方案，并由专业人员操作，报城市主管部门批准，并经公安部门同意后方可施工。

(2)隧道开挖应连续进行，每次开挖长度应严格按照设计要求、土质情况确定。严格控制超挖量。停止开挖时，对不稳定的围岩应采取临时封堵或支护措施。

(3)同一隧道内相对开挖(非爆破方法)的两开挖面距离为2倍洞跨且不小于10m时，一端应停止掘进，并保持开挖面稳定。

(4)两条平行隧道(含导洞)相距小于1倍洞跨时，其开挖面前后错开距离不得小于15m。

(5)隧道内应加强通风，在有瓦斯的隧道内进行爆破作业必须遵守现行《煤矿安全规

程》(国家安全生产监督管理总局令第87号，经中华人民共和国应急管理部令第8号修正)的有关规定。

(二)喷射混凝土初期支护

(1)隧道在稳定岩体中可先开挖后支护，支护结构距开挖面不宜大于5m；在不稳定岩土体中，支护必须紧跟土方开挖工序。

(2)钢筋格栅拱架就位后，必须支撑稳固，及时按设计要求焊(栓)接成稳定整体。

(3)初期支护应预埋注浆管，结构完成后及时注浆加固，填充注浆滞后开挖面距离不得大于5m。

(三)超前导管与管棚

(1)围岩自稳时间小于支护完成时间的地段，应根据地质条件、开挖方式、进度要求、使用机具(械)情况，对围岩采取锚杆或小导管超前支护、小导管周边注浆等安全技术措施。当围岩整体稳定难以控制或上部有特殊要求，可采用管棚支护。

(2)钻孔中遇到障碍，必须停止钻进作业，待采取措施并确认安全后，方可继续钻进，严禁强行钻进。

(四)现浇混凝土二次衬砌

(1)现浇混凝土二次衬砌在隧道初期支护变形稳定后进行，初期支护临时支撑的拆除严格按设计要求分段进行。

(2)钢筋绑扎中，钢筋拱架呈不稳定状态时，必须设临时支撑架，钢筋拱架未形成整体且稳定前，严禁拆除临时支撑架。

(3)模板及其支撑体系应进行施工设计，其强度、刚度、稳定性应满足施工阶段荷载的要求，并制定支设、移动、拆除作业的安全技术措施。模板及其支撑体系支设完成后，应进行检查、验收，确认合格并形成文件后，方可浇筑混凝土。

(4)使用模板台车和滑模时，应进行专项设计，制定相应的安全操作细则。

(5)浇筑侧墙和拱部混凝土应自两侧拱脚开始，对称进行。每仓端部和浇筑口封堵模板必须安装牢固，不得漏浆。作业中应配备模板工监护模板，发现位移或变形，必须立即停止浇筑，经修理、加固，确认安全后，方可恢复作业。

(五)监控量测与施工信息反馈

详见本书1K417020目。

(六)监测数据超出报警值或现场出现异常的处理方法

应立即按规定预警并启动应急方案，进行工程抢险。

1K420173 非开挖管道施工安全措施

非开挖管道施工方法主要包括顶管施工、定向钻施工和夯管施工等。

一、准备阶段安全措施

(一)技术准备

(1)应编制施工组织设计、危险性较大分部分项工程专项施工方案和施工现场临时用电方案等，并按规定组织专家论证。

(2)应进行安全风险辨识和评价，对安全风险制定控制方案或措施。

(3)应严格技术管理，做好技术交底工作和安全技术交底工作。

（4）编制监控量测方案，并严格执行。

（5）在有限空间内作业应制定作业方案。

（二）人员准备

（1）全部作业人员必须经过安全培训和三级安全教育，考试合格后方可进场。

（2）项目负责人、技术人员、安全管理人员、操作人员及其他人员必须学习安全生产管理制度和操作规程。

（3）特殊工种必须持证上岗。

（4）制定应急预案，组建应急抢险队伍，并进行演练。

（5）在有限空间内作业时的人数不得小于 2 人。

（三）现场准备

（1）详细调查施工区域地上、地下管线及建（构）筑物情况，必要时进行坑探，准确掌握地下管线位置，制定有针对性的管线保护方案。

（2）配备符合要求的安全防护装置与个人防护用品。

（3）检查各类设备、设施安全性能，确保符合安全规定。

（4）在有限空间内作业前必须进行气体检测，合格后方可进行现场作业。

二、施工阶段安全措施

（一）作业区安全防护

（1）工作坑井口作业区必须设置围挡封闭施工，建立人员出入工作坑的管理制度。

（2）工作坑地面排水系统应完好、畅通，井口应比周围地面高 300mm 以上。

（3）井口周围必须设防护栏杆，高度不低于 1.2m；井内必须设安全梯或梯道，宽度不应小于 1.0m。

（4）井口 2m 范围内不得堆放材料和停放施工机具、运输车辆。

（二）施工过程安全措施

（1）穿越道路、桥梁和其他建（构）筑物时，应严密监控周边环境变化量，防止对构筑物造成破坏。

（2）管道行进突然减慢或停止，应确定是否碰到障碍物，排除危险后再进行钻进作业。

（3）回转设备应用挡板和挡墙保护，作业人员应远离钻架、起重钩、防护挡板、顶进后背等位置。

（4）定向钻施工作业人员应穿戴有防电能力的安全帽、绝缘靴和手套、安全服装、防护口罩或防护面具。

（5）钻进时系统压力升高之前，应确定所有管件连接严密，线路、管道无受损。低压液压油能渗入皮肤、燃烧或产生污染，检查泄漏应当用纸张或木片擦拭，不能用手接触。

1K420180 市政公用工程职业健康安全与环境管理

1K420181 职业健康安全管理体系的要求

一、项目职业健康安全管理的目的与内容

（一）职业健康安全管理体系

（1）职业健康安全管理体系（Occupational Health and Safety Management System，简

称 OHSMS）是企业总的管理体系的重要组成部分，职业健康安全系统执行的标准为：《职业健康安全管理体系 要求及使用指南》GB/T 45001—2020。

（2）市政公用工程项目职业健康安全管理就是运用现代科学的管理知识、方法，组织和协调施工生产，充分调动施工人员的主观能动性，在提高劳动生产率的同时，改变不安全、不卫生的工作环境和条件，大幅度降低伤亡事故和职业病的发生，达到安全生产的目标要求。

（3）市政公用工程施工条件复杂、施工中多专业、多工种集中在一个场地，施工人员流动性大，作业位置经常变化，施工现场存在较多的不安全因素，属于事故多发的作业现场。因此，加强工程项目施工现场职业健康安全各要素的管理和控制具有重要意义。

（二）建立项目职业健康安全管理体系

项目职业健康安全管理体系必须符合国家有关职业健康安全生产的法律、法规和规程的要求，包含组织机构、程序、过程和资源等基本内容。

（1）管理体系建立的要求：

企业应加强对项目的职业健康安全管理、指导，帮助项目部建立、实施并保持职业健康安全管理体系。项目职业健康安全管理体系必须由总承包单位负责策划建立，适用于项目全过程的管理和控制；分包单位结合分包工程的特点，制定相适宜的职业健康安全保证计划，纳入并接受总承包单位职业健康安全管理体系的管理，总承包项目部负责监督落实。

（2）管理目标：

项目部或项目总承包单位负责制定并确保项目的职业健康安全目标。项目负责人（经理）是项目职业健康安全生产的第一责任人，对项目安全生产负全面的领导责任，实现安全管理目标。目标应符合国家有关法律、法规和行业有关规程，实现对建设单位和社会要求的承诺。

（3）管理组织：

项目部应建立以项目负责人（经理）为首的职业健康安全管理机构，明确项目部的专职职业健康安全管理责任人，对于从事与项目职业健康安全有关的管理、操作和检查人员，规定其职责、权限和相互关系。编制职业健康安全管理计划，决定资源配备；制定项目职业健康安全管理体系运行的监督、检查和评价制度；制定纠正和预防措施验证制度。

（4）资源：

项目部应确定并提供充分的资源，以确保职业健康安全管理体系的有效运行和目标的实现。资源包括：

1）配备经培训考核持证的管理人员、操作人员和专职安全员。

2）施工职业健康安全技术及防护设施。

3）施工临时用电和消防设施。

4）施工机具安全防护设施、装置及检测、验收、保养措施。

5）必要的职业健康安全检测工具。

6）职业健康安全技术措施的经费。

二、管理体系与主要程序

（一）安全风险辨识、风险评价和风险控制策划

（1）通过对项目现场安全风险辨识、风险评价分级，有针对性地进行风险控制，从而取得良好的职业健康安全绩效。

（2）依据企业的安全风险清单，项目结合工程特点和实际需求，补充完善项目的安全风险清单，作为项目风险控制的依据。

（3）项目安全风险辨识、风险等级评价与风险管控，详见本书 1K420141 条。

（二）安全风险控制措施计划制定与评审

职业健康安全风险控制措施计划是以改善项目劳动条件、防止工伤事故、预防职业病和职业中毒为主要目的的一切技术组织措施。具体包括以下四类：

（1）职业健康安全技术措施：以预防工伤事故为目的，包括防护装置、保险装置、信号装置及各种防护设施。

（2）工业卫生技术措施：以改善劳动条件、预防职业病为目的，包括防尘、防毒、防噪声、防振动设施以及通风工程等。

（3）辅助房屋及设施：指保证职业健康安全生产、现场卫生所必需的房屋和设施，包括淋浴室、更衣室、消毒室等。

（4）安全宣传教育设施：包括职业健康安全教材、图书、仪器，施工现场安全培训教育场所、设施。

风险控制措施计划项目主要包括工程概况、控制目标、控制程序、组织结构、职责权限、规章制度、资源配置、安全措施、检查评价和奖惩制度等内容。

项目职业健康安全风险控制措施计划应由项目负责人（经理）主持编制，经有关部门批准后，由专职安全管理人员进行现场监督实施。计划应在实施前进行评审，确定计划的可行性、可靠性和经济合理性。

（三）项目职业健康安全过程控制

施工过程中人的不安全行为、物的不安全状态、作业环境的不安全因素和管理缺陷是项目职业健康安全控制的重点，必须采取有针对性的控制措施。项目施工安全生产中必须把好安全生产“六关”，即措施关、交底关、教育关、防护关、检查关、改进关。施工项目职业健康安全控制程序如图 1K420181 所示。

三、劳动保护和职业病预防

（一）劳动保护

（1）严格按照劳动保护用品的发放标准和范围为相关人员配备符合国家或行业标准要求的口罩、防护镜、绝缘手套、绝缘鞋等劳动保护用品，尤其是一线工人的特殊劳动保护用品和必要的劳动保护用品。

（2）要加强施工现场劳动保护用品的采购、保管、发放和报废管理，严格掌握标准和质量要求。所采购的劳动保护用品必须有相关证件和资料，必要时应对其安全性能进行抽样检测和试验，严禁不合格的劳保用品进入施工现场。

（3）对于二次使用的劳动保护用品应按照其相关标准进行检测试验，破损严重、失去防护功能、不能有效保证安全的劳动防护用品必须及时更换。

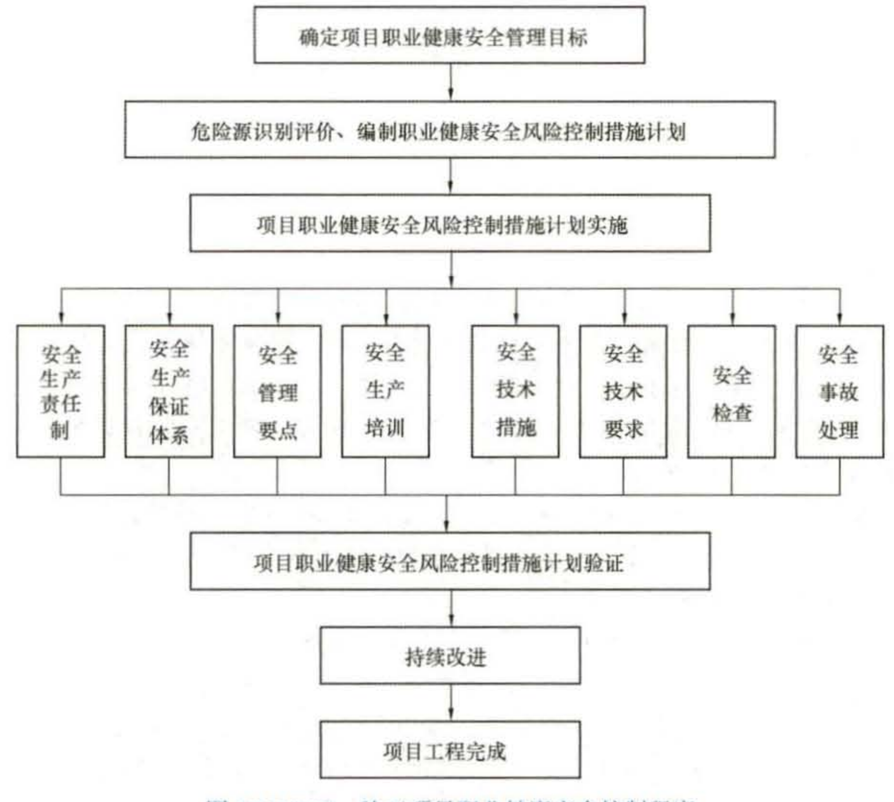


图 1K420181　施工项目职业健康安全控制程序

（二）职业病预防

（1）应根据具体情况编制特殊工种（如：电气焊、油漆、水泥操作工等）职业病预防措施。

（2）施工现场预防职业病的主要措施：

1）为保持空气清洁或使温度符合职业卫生要求而安设的通风换气装置和采光、照明、空调设施。

2）为消除粉尘危害和有毒物质而设置的除尘设备和消毒设施。

3）防治辐射、热危害的装置及隔热、防暑、降温设施。

4）为职业卫生而设置的对原材料和加工材料消毒的设施。

5）减轻或消除工作中的噪声及振动的设施。

6）为改善劳动条件而铺设的各种垫板。

7）为消除有限空间空气含氧量不达标或有毒有害气体超标而设置的设施。

（3）职业健康检查规范的执行：

为保护劳动者健康权益，项目部应定期将本项目部有关员工送往职业健康检查机构进行职业健康检查。

1）由本公司与有资质的职业健康检查机构签订委托协议书，并统一组织劳动者进行职业健康检查。

2）由职业健康检查机构依据相关规范，结合本公司市政公用工程施工企业的特点，明确应当检查的项目和周期。

3）公司应如实提供职业健康检查所需相关资料，并承担检查费用。

4）项目部应妥善安排时间让有关员工按公司的检查计划去职业健康检查机构接受相关检查。

5）公司应建立员工职业健康检查档案，并妥善保存。

【案例1K420181】

1. 背景

某市政公司是国家施工总承包一级资质的施工企业，在岗人员862人，其中，各级专业技术人员212人，由国家安全生产监督管理总局（现称中华人民共和国应急管理部）发证的安全管理人员（含经理、副经理、总工、副总工、项目经理等）68人，专职安监人员43人。公司设职能处室12个，项目部10个。项目部分设国内各地，部分分项工程由具备资质单位分包。

公司施工生产的特点是：野外施工，环境复杂多变，劳动环境较差，危险性大，特种作业较多，属劳动密集型企业。施工工程中的风险主要有深基坑作业、物体打击、高处坠落、爆破和触电伤害。

公司于2003年5月开始推行职业健康安全管理体系。

2. 问题

（1）该公司的安全风险辨识、评价应包括哪些范围？

（2）对运行控制，该公司至少需要制定哪些方面的职业健康安全控制程序？

（3）简述公司和项目部在职业健康安全管理体系中的主要分工。

3. 参考答案

（1）1）常规和施工方案需特批的作业活动。

2）所有进入施工现场人员的活动。

3）作业场所内的所有设备、设施。

4）现场施工机具（械）、劳动防护用品的使用。

5）饮食健康与生活卫生。

（2）1）安全技术措施管理程序。

2）分包工程安全管理程序。

3）特殊作业管理程序。

4）施工机具安全管理程序。

5）施工现场交通安全管理程序。

6）爆破物品管理程序。

7）消防安全管理程序。

8）劳动防护用品管理程序。

9）职工食堂卫生管理程序。

（3）1）企业应负责职业健康安全管理体系建立、运行和持续改进，对施工项目部运行应负指导、监督责任，帮助项目部建立、实施并保持职业健康安全管理体系。

2）施工项目部应建立适用于项目全过程的管理和控制措施（规定），结合分包工程的特点和需要制定适宜的职业健康安全保证计划，纳入项目部的管理体系。

1K420182 环境管理体系的要求

一、项目环境管理体系的主要内容

（一）环境管理体系

（1）环境管理体系（Environmental Management System，简称 EMS）是企业总的管理体系的重要组成部分，我国的环境体系标准是《环境管理体系 要求及使用指南》GB/T 24001—2016。

（2）环境管理体系的宗旨是遵守法律法规及其他要求，实现持续改进和污染预防的环境承诺。其中，环境因素的识别是基础，需考虑施工中大气污染、水污染、噪声污染、废弃物、土地污染、原材料和自然资源的利用以及其他环境问题等内容，按照“三种状态”（正常、异常、紧急）、“三种时态”（过去、现在、将来）进行辨识，确保识别的充分性。

（3）企业内部各管理层次和岗位均应有明确的目标和指标、组织机构和职责、管理制度以及环境管理方案、应急预案。项目部应根据工程特点、顾客要求建立相应的环境管理组织机构，明确目标、职责，制定切实可行的环境保护措施。

（二）市政公用工程特点

市政公用工程建设的自身特点决定了施工企业必须做好环境保护管理工作，减少项目施工对环境的影响。市政公用工程涉及城市自然环境和水环境保护问题，工程建设要通过环境评估。城市交通工程环境评价主要是评价对沿线单位和居民的噪声、振动等影响；城市给水排水工程和垃圾处理工程环境评价主要是评价工程对城市水资源和生态的影响。

二、管理程序与主要内容

（一）管理程序

（1）环境因素辨识和评价。

（2）确定项目环境因素管理目标。

（3）进行项目环境管理策划。

（4）实施项目环境管理策划。

（5）验证并持续改进。

（二）主要工作内容

1. 项目文明施工管理

（1）文明施工是企业环境管理体系的一个重要部分，项目文明施工管理应与当地的社区文化、民族特点及风土人情有机结合，树立项目管理良好的社会形象。

（2）市政公用工程文明施工应包括：

1）进行现场文化建设。

2）规范场容，保持作业环境整洁卫生。

3）创造有序生产的条件。

4）减少对居民和环境的不利影响。项目部应对现场人员进行培训教育，提高文明意识和素质，树立良好的企业形象，并按照文明施工标准，定期进行评定、考核和总结。

（3）市政公用工程文明施工要点，可参见《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年 10 月 26 日修正版）、《中华人民共和国水污染防治法》

（2017年6月27日第二次修正版）、《中华人民共和国节约能源法》（2018年10月26日修正版）、《中华人民共和国噪声污染防治法》（2021年12月24日修正版）、《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2020年4月29日第二次修正版）相关要求。

2. 项目现场管理

（1）项目施工现场是企业环境管理体系另一个重要部分，市政公用工程施工现场管理具有要求高、变化多的特点；项目部必须严格执行现场管理的各项规定，树立企业和项目管理良好的社会形象。

（2）市政公用工程施工现场管理内容与要求，详见本书1K420061条。

（3）项目部应按照体系标准，定期进行评定、考核和总结。

三、企业环境管理体系对项目部的要求

（一）企业环境管理体系

（1）企业环境管理体系重在对环境因素和运行的控制，对污染预防措施、资源能源节约措施的效果以及重大环境因素控制结果等环境绩效进行监测评价，对运行控制、目标指标、环境管理方案的实现程度进行监测。

（2）企业环境管理体系应通过体系审核和管理评审等手段，对施工项目存在的和潜在的不符合项采取纠正和预防措施，以促进企业管理水平的持续改进。

（二）项目部环境管理要点

（1）项目部环境管理应与企业环境管理体系保持一致。项目负责人（经理）负责现场环境管理工作的总体策划和部署，建立现场环境管理组织机构，制定相应的制度和措施，组织培训，使各级人员明确环境保护的意义和责任。

（2）项目部应按照分区划块原则，搞好现场的环境管理，进行定期检查，加强协调，及时解决发现的问题，实施纠正和预防措施，保持现场良好的作业环境、卫生条件和工作秩序，并进行持续改进。

（3）项目部应对环境因素进行控制，制定应急措施，并保证信息通畅，预防可能出现非预期的损害。针对紧急情况，应制定事故的应急准备和响应预案，预防可能出现的二次和多次污染。出现环境事故时，应消除污染，制定措施，防止环境二次污染。

（4）项目部应进行现场节能管理，有条件时应规定能源使用指标。

（5）项目部应保存有关环境管理的工作记录，并按体系要求进行归档。

（6）项目部应组织编制本项目现场建筑垃圾减量化专项方案，明确建筑垃圾减量化目标和管理人员职责分工，提出源头减量，分类管理，就地处置，排放控制的具体措施。

（7）项目部应尽可能采用有利于环境综合保护的施工新技术和新工艺。大幅减少因工程施工产生的噪声、弃土、废水等对周边道路、空气、绿化、居民等环境的影响。

【案例1K420182】

1. 背景

某市政公司是集施工与生产为一体的具备国家总承包一级资质的施工企业。公司设有总经理办公室、工程部、安全部、技术质量部等9个职能部室；公司下属机具加工厂、沥青生产厂、材料设备租赁站、中心试验室等分公司和7个施工项目部。全公司现有员工2682人，其中有高级技术职称75人、中级技术职称346人。

该公司认证通过了企业环境管理体系，于2009年7月进行内部评审。评审中发现管理上存在下列主要问题：

问题一：两个生产厂过多地承担了企业体系管理的责任。

问题二：第4施工项目部在现场文明施工管理中存在的问题没有及时整改，施工所在地街道管理部门有抱怨。

问题三：部分环境管理人员素质有待提高，环境管理激励机制和奖励力度存在问题。

问题四：进入施工现场的外来单位和人员多，文明施工和环境保护教育落实不够。

2. 问题

（1）分析指出该公司企业环境管理体系应改进的主要方面。

（2）针对背景资料中问题三，需要如何规范和完善？

（3）针对背景资料中问题四，公司和项目部应如何分工进行改善？程序应包括哪些主要管理内容？

3. 参考答案

（1）该企业是集施工与生产为一体的具备国家总承包一级资质的施工企业，企业施工是经营主体，而机具加工厂、沥青生产厂是从属工程施工的，企业环境管理体系应将管理重点放在施工现场文明施工、环境管理方面。市政工程施工项目的文明施工管理应与当地的社区管理有机结合，保持作业环境整洁卫生，尽可能地减少对居民和环境的不利影响，树立企业施工项目管理良好的社会形象。两个生产厂过多地承担了企业体系管理的责任，不利于企业环境管理长效机制的建立，必须加以改进。

（2）背景资料中的问题三反映了企业环境管理体系存在需要规范和完善的问题，建议首先采取以下措施：

措施一：必须建立配套的环境管理绩效及激励制度，责、权、利基本匹配，促进管理责任到位。

措施二：在管理责任明确细化、职责权限界定清晰的基础上，实施奖励与惩罚。

（3）背景资料中的问题四反映了施工现场管理中普遍存在的问题，建议首先采取以下措施：

措施一：企业均应有明确分包管理制度，建立管理机构，控制和减少外来单位或人员对施工现场管理的不利影响。

措施二：项目部应及时对现场人员进行文明施工和环境保护培训教育，并留有记录；对施工现场管理定期进行评定、考核和总结。

1K420190 市政公用工程竣工验收与备案

1K420191 工程竣工验收要求

一、施工质量验收规定

（一）验收程序

（1）检验批及分项工程应由专业监理工程师组织施工单位项目专业质量（技术）负责

人等进行验收。

（2）分部工程（子分部）应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和项目技术、质量负责人等进行验收。

对于涉及重要部位的地基与基础、主体结构、主要设备等分部（子分部）工程，其勘察、设计单位工程项目负责人也应参加验收。

（3）单位工程完工后，施工单位应组织有关人员进行自检，总监理工程师应组织各专业监理工程师对工程质量进行竣工预验收，对存在的问题，应由施工单位及时整改。整改完毕后，由施工单位向建设单位提交工程竣工报告，申请工程竣工验收。

（4）单位工程中的分包工程完工后，分包单位应对所承包的工程项目进行自检，并应按标准规定的程序进行验收。验收时，总包单位应派人参加。分包单位应将所分包工程的质量控制资料整理完整后，移交总包单位，并应由总包单位统一归入工程竣工档案。

（5）工程质量控制资料应准确齐全、真实有效，且具有可追溯性。当部分资料缺失时，应委托有资质的检验检测机构进行相应的实体检验或抽样试验，并应出具检测报告，作为工程质量验收资料的一部分。

（6）建设单位收到工程竣工报告后，应由建设单位（项目）负责人组织施工（含分包单位）、设计、勘察、监理等单位（项目）负责人进行单位工程验收。

（二）基本规定

（1）检验批的质量应按主控项目和一般项目验收。

（2）工程质量的验收均应在施工单位自行检查、评定合格的基础上进行。

（3）隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，并应形成验收文件，验收合格后方可继续施工。

（4）参加工程施工质量验收的各方人员应具备规定的资格。单位工程的验收人员应具备工程建设相关专业中级以上技术职称并具有 5 年以上从事工程建设相关专业的工作经历，参加单位工程验收的签字人员应为各方项目负责人。

（5）涉及结构安全和使用功能的试块、试件以及有关材料，应按规定进行见证取样检测。对涉及结构安全、使用功能、节能、环境保护等重要分部工程应进行抽样检测。

（6）承担见证取样检测及有关结构安全、使用功能等项目的检测单位应具备相应资质。

（7）工程的观感质量应由验收人员现场检查，并应共同确认。

二、质量验收合格的依据与质量验收不合格的处理规定

（一）质量验收合格的依据

1. 检验批

（1）主控项目的质量经抽样检验合格。

（2）一般项目的质量应经抽样检验合格；当采用计数检验时，除有专门要求外，一般项目的合格点率应达到 80% 及以上，且超差点的最大偏差值应在允许差值的 1.5 倍范围内。

（3）主要工程材料的进场验收和复验合格，试块、试件检验合格。

（4）主要工程材料的质量保证资料以及相关试验检测资料齐全、正确；具有完整的施

工操作依据和质量检查记录。

2. 分项工程

（1）分项工程所含的检验批质量验收全部合格。

（2）分项工程所含检验批的质量验收记录应完整、正确；有关质量保证资料和试验检测资料应齐全、正确。

3. 分部（子分部）工程

（1）分部（子分部）工程所含分项工程的质量验收全部合格。

（2）质量控制资料应完整。

（3）分部（子分部）工程中，涉及结构安全、节能、环境保护和主要使用功能的检验和抽样检验结果应符合相应规定。

（4）外观质量验收应符合要求。

4. 单位（子单位）工程

（1）单位（子单位）工程所含分部（子分部）工程的质量验收全部合格。

（2）质量控制资料应完整。

（3）单位（子单位）工程所含分部（子分部）工程有关安全、节能、环境保护和主要使用功能的检测资料应完整。

（4）主体结构试验检测、抽查结果以及使用功能试验应符合相关规范规定。

（5）外观质量验收应符合要求。

（二）质量验收不合格的处理规定

（1）经返工返修或经更换材料、构件、设备等的检验批，应重新进行验收。

（2）经有相应资质的检测单位检测鉴定能够达到设计要求的检验批，应予以验收。

（3）经有相应资质的检测单位检测鉴定达不到设计要求，但经原设计单位核算认可能够满足结构安全和使用功能要求的检验批，可予以验收。

（4）经返修或加固处理的分项工程、分部（子分部）工程，虽然改变外形尺寸但仍能满足结构安全和使用功能要求，可按技术处理方案文件和协商文件进行验收。

（5）通过返修或加固处理仍不能满足结构安全或使用功能要求的分部（子分部）工程、单位（子单位）工程，严禁验收。

三、竣工验收

（一）竣工验收规定

（1）单项工程验收。是指在一个总体建设项目中，一个单项工程已按设计要求建设完成，能满足生产要求或具备使用条件，且施工单位已自验合格，监理工程师已初验通过，在此条件下进行的正式验收。

（2）全部验收。是指整个建设项目已按设计要求全部建设完成，并符合竣工验收标准，施工单位自验通过，总监理工程师预验认可，由建设单位组织，有设计、监理、施工等单位参加的正式验收。在整个项目进行全部验收时，对已验收过的单项工程，可以不再进行正式验收和办理验收手续，但应将单项工程验收单作为全部工程验收的附件而加以说明。

（3）办理竣工验收签证书，竣工验收签证书必须有建设单位、监理单位、设计单位及施工单位的签字方可生效。

（二）工程竣工报告

（1）由施工单位编制，在工程完工后提交建设单位。

（2）在施工单位自行检查验收合格的基础上，申请竣工验收。

（3）工程竣工报告应包括的主要内容：

1）工程概况。

2）施工组织设计文件。

3）工程施工质量检查结果。

4）符合法律法规及工程建设强制性标准情况。

5）工程施工履行设计文件情况。

6）工程合同履约情况。

1K420192 工程档案编制要求

一、工程资料管理的有关规定

（一）基本规定

（1）工程资料的形成应符合国家相关法律、法规、工程质量验收标准和规范、工程合同规定和设计文件要求。

（2）工程资料应为原件，应随工程进度同步收集、整理并按规定移交。

（3）工程资料应实行分级管理，分别由建设、监理、施工单位主管负责人组织本单位工程资料的全过程管理工作。

（4）工程资料应真实、准确、齐全，与工程实际相符合。对工程资料进行涂改、伪造、随意抽撤或损毁、丢失等，应按有关规定予以处理；情节严重者，应依法追究责任。

（二）分类与主要内容

（1）基建文件：决策立项文件，建设规划用地、征地、拆迁文件，勘察、测绘、设计文件，工程招标投标及承包合同文件，开工文件、商务文件，工程竣工备案文件等。

（2）监理资料：监理管理资料、施工监理资料、竣工验收监理资料等。

（3）施工资料：施工管理资料、施工技术文件、物资资料、测量监测资料、施工记录、验收资料、质量评定资料等。

二、施工资料管理

（一）基本规定

（1）施工合同中应对施工资料的编制要求和移交期限作出明确规定；施工资料应有建设单位签署的意见或监理单位对认证项目的认证记录。

（2）施工资料应由施工单位编制，按相关规范规定进行编制和保存，其中部分资料应移交建设单位、城建档案馆分别保存。

（3）总承包工程项目，由总承包单位负责汇集，并整理所有有关施工资料；分包单位应主动向总承包单位移交有关施工资料。

（4）施工资料应随施工进度及时整理，所需表格应按有关法规的规定认真填写。

（5）施工资料，特别是需注册建造师签章的，应严格按有关法规规定签字、盖章。

（6）列入城建档案馆档案接收范围的工程，城建档案管理机构按照建设工程竣工联合验收的规定对工程档案进行验收。

（二）提交企业保管的施工资料

（1）企业保管的施工资料应包括：施工管理资料、施工技术文件、物资资料、测量监测资料、施工记录、验收资料、质量评定资料等全部内容。

（2）企业保管的施工资料主要用于企业内部参考，以便总结工程实践经验，不断提升企业经营管理水平。

（三）移交建设单位保管的施工资料

（1）竣工图表。

（2）施工图纸会审记录、设计变更和技术核定单。开工前施工项目部对工程的施工图、设计资料进行会审后并按单位工程填写的会审记录；设计单位按施工程序或需要进行设计交底的交底记录；项目部在施工前进行施工技术交底，并留有双方签字的交底文字记录。

（3）材料、构件的质量合格证明；原材料、成品、半成品、构配件、设备出厂质量合格证；出厂检（试）验报告及进场复试报告。

（4）隐蔽工程检查验收记录。

（5）工程质量检查评定和质量事故处理记录、工程测量复检及预验收记录、工程质量检验评定资料、功能性试验记录等。

（6）主体结构和重要部位的试件、试块、材料试验、检查记录。

（7）永久性水准点的位置、构造物在施工过程中测量定位记录，有关试验观测记录。

（8）其他有关该项工程的技术决定；设计变更通知单、洽商记录。

（9）工程竣工验收报告与验收证书。

三、工程档案编制与管理

（一）资料编制要求

（1）工程资料应采用耐久性强的书写材料。

（2）工程资料应字迹清楚，图样清晰，图表整洁，签字盖章手续完备。

（3）工程资料中文字材料幅面尺寸规格宜为 A4 幅面（297mm×210mm）。图纸宜采用国家标准图幅。

（4）工程资料的纸张应采用能够长期保存的韧力大、耐久性强的纸张。图纸一般采用蓝晒图，竣工图应是新蓝图。计算机出图必须清晰，不得使用计算机出图的复印件。

（5）所有竣工图均应加盖竣工图章，竣工图章尺寸应为：50mm×80mm。

（6）利用施工图改绘竣工图，必须标明变更修改依据；凡施工图结构、工艺、平面布置等有重大改变，或变更部分超过图面 1/3 的，应当重新绘制竣工图。

（7）不同幅面的工程图纸应按《技术制图 复制图的折叠方法》GB/T 10609.3—2009 统一折叠成 A4 幅面，图标栏露在外面。

（二）资料整理要求

（1）资料排列顺序一般为：封面、目录、文件资料和备考表。

（2）封面应包括：工程名称、开竣工日期、编制单位、卷册编号、单位技术负责人和法人代表或法人委托人签字并加盖公章。

（3）目录应准确、清晰。

（4）文件资料应按相关规范的规定顺序编排。

（5）备考表应按序排列，便于查找。

（三）项目部的施工资料管理

（1）项目部应设专人负责施工资料管理工作。实行主管负责人责任制，建立施工资料员岗位责任制。

（2）在对施工资料全面收集基础上，进行系统管理、科学地分类和有秩序地排列。分类应符合技术档案本身的自然形成规律。

（3）工程施工资料一般按工程项目分类，使同一项工程的资料都集中在一起，这样能够反映该项目工程的全貌。而每一类下，又可按专业分为若干类。施工资料的目录编制，应通过一定形式，按照一定要求，总结整理成果，揭示资料的内容和它们之间的联系，便于检索。

【案例1K420192】

1. 背景

A公司中标某城市旧区市政道路改（扩）建工程，改（扩）建后道路升级至城市主干道；并将原来处于快车道下雨水线、给水和燃气3条管线拆移至新建路的辅路或人行道。合同内的3条管线施工由建设单位直接分包给3家专业公司分别承担，但A公司作为工程总承包单位负责土建配合。工程竣工验收时，建设单位发现存在缺少给水管和燃气管线功能性试验记录、管线施工验收资料的总承包单位签字不全等问题。A公司施工项目部负责人认为除土建部分资料外不归他们负责，应由专业公司直接请专业监理工程师验收签字，资料由专业公司负责交建设单位。

2. 问题

（1）A公司施工项目部负责人观点是否正确？为什么。

（2）由建设单位直接分包的专业工程施工资料应如何整理移交？

3. 参考答案

（1）A公司施工项目部负责人的观点不正确。因为实行总承包的工程项目的专业分包施工资料应由总承包单位收集整理，而且施工资料应随施工进度及时（同时）形成。竣工验收前出现资料不全，只能说明A公司施工项目部施工资料管理存在问题。

（2）由建设单位直接分包专业工程的现象普遍存在，但是建设单位在施工总承包合同中对施工资料的编制要求和移交都有明确规定。相关规范也有明确规定：建设工程项目实行总承包管理的，总承包单位应负责收集、汇总各分包单位形成的工程档案，并应及时向建设单位移交；各分包单位应将本单位形成的工程文件整理、立卷后及时移交总包单位。建设工程项目由几个单位承包的，各承包单位应负责收集、整理立卷其承包项目的工程文件，并应及时向建设单位移交。对列入城建档案管理机构接收范围的工程，建设单位在工程竣工验收后3个月内，向城建档案管理机构移交一套符合规定的工程档案。

1K420193　工程竣工备案的有关规定

一、竣工验收备案基本规定

（一）竣工验收备案的依据

（1）《房屋建筑和市政基础设施工程竣工验收备案管理办法》（中华人民共和国住房和

城乡建设部令第2号）于2009年10月19日颁布执行。

（2）《房屋建筑和市政基础设施工程竣工验收规定》（建质〔2013〕171号）于2013年12月2日颁布执行。

（3）《建设工程质量管理条例》（国务院令第279号，第二次修正版）于2019年4月23日发布施行。

（二）竣工验收备案的程序

（1）经施工单位自检合格并且符合《房屋建筑和市政基础设施工程竣工验收规定》（建质〔2013〕171号）的要求方可进行竣工验收。

（2）由施工单位在工程完工后向建设单位提交工程竣工报告（详见本书1K420191条），申请竣工验收，并经总监理工程师签署意见。

（3）对符合竣工验收要求的工程，建设单位负责组织勘察、设计、施工、监理等单位组成的专家组实施验收。

（4）建设单位必须在竣工验收7个工作日前将验收的时间、地点及验收组名单书面通知负责监督该工程的市场监督管理部门。

（5）建设单位应当自工程竣工验收合格之日起15d内，提交竣工验收报告，向工程所在地县级以上地方人民政府建设行政主管部门（备案机关）备案。

（6）备案机关收到建设单位报送的竣工验收备案文件、验证文件齐全后，应当在工程竣工验收备案表上签署文件收讫。工程竣工验收备案表一式两份，一份由建设单位保存，另一份留备案机关存档。

（7）市场监督管理部门，应在竣工验收之日起5个工作日内，向备案机关提交工程质量监督报告。

（8）列入城建档案馆档案接收范围的工程，城建档案管理机构按照建设工程竣工联合验收的规定对工程档案进行验收。

（三）竣工验收备案的相关法律责任

（1）备案机关发现建设单位在竣工验收过程中有违反国家有关建设工程质量管理规定行为的，应当在收讫竣工验收备案文件15d内，责令停止使用，重新组织竣工验收。

（2）建设单位在工程竣工验收合格之日起15d内未办理工程竣工验收备案的，备案机关责令限期改正，处20万元以上50万元以下罚款。

（3）建设单位将备案机关决定重新组织竣工验收的工程，在重新组织竣工验收前，擅自使用的，备案机关责令停止使用，处工程合同价款2%以上4%以下罚款。

（4）建设单位采用虚假证明文件办理工程竣工验收备案的，工程竣工验收无效，备案机关责令停止使用，重新组织竣工验收，处20万元以上50万元以下罚款；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

（5）备案机关决定重新组织竣工验收并责令停止使用的工程，建设单位在备案之前已投入使用或者建设单位擅自继续使用造成使用人损失的，由建设单位依法承担赔偿责任。

（6）竣工验收备案文件齐全，备案机关及其工作人员不办理备案手续的，由有关机关责令改正，对直接责任人员给予行政处分。

二、工程竣工验收报告

（1）工程竣工验收报告由建设单位提交。

（2）报告主要内容包括：

1）工程概况。

2）建设单位执行基本建设程序情况。

3）对工程勘察、设计、施工、监理等单位的评价。

4）工程竣工验收时间、程序、内容和组织形式。

5）工程竣工验收鉴定书。

6）竣工移交证书。

7）工程质量保修书。

8）工程质量评估报告。

9）质量检查报告。

10）工程竣工报告。

11）施工许可证。

12）施工图设计文件审查意见。

13）验收组人员签署的工程竣工验收意见。

14）法规、规章规定的其他有关文件。

三、竣工验收备案应提供资料

（一）基建文件

（1）规划许可证及附件、附图。

（2）审定设计批复文件。

（3）施工许可证或开工审批手续。

（4）质量监督注册登记表。

（二）质量报告

（1）勘察单位质量检查报告：勘察单位对勘察、施工过程中地基处理情况进行检查，提出质量检查报告并经项目勘察及有关负责人审核签字。

（2）设计单位质量检查报告：设计单位对设计文件和设计变更通知书进行检查，提出质量检查报告并经设计负责人及单位有关负责人审核签字。

（3）施工单位工程竣工报告。

（4）监理单位工程质量评估报告：由监理单位对工程施工质量进行评估，并经总监理工程师和有关负责人审核签字。

（三）认可文件

（1）城乡规划行政主管部门对工程是否符合规划设计要求进行检查，并出具认可文件。

（2）消防救援机构、生态环境主管部门、市场监督管理部门、人防等部门出具的认可文件或准许使用文件。

（四）质量验收资料

（1）单位工程质量验收记录。

（2）单位工程质量控制资料核查表。

（3）单位（子单位）工程安全和功能检查及主要功能抽查记录。

（4）市政公用工程应附有质量检测和功能性试验资料。

（5）工程使用的主要建筑材料、建筑构配件和设备的进场试验报告。

（五）其他文件

（1）施工单位签署的工程质量保修书。

（2）竣工移交证书。

（3）备案机关认可需要提供的有关资料。

1K420194 城市建设档案管理与报送的有关规定

一、向城建档案馆报送工程档案的工程范围

（1）工业、民用建筑工程：含住宅小区内的市政公用管线等。

（2）市政公用基础设施工程：

1）城镇道桥隧工程：

城镇道路：含广场、停车场、地下人行过街道等；

城市桥梁：含人行天桥、高架桥、人行过街桥、涵洞等；

城市隧道：车行、人行等非轨道交通隧道。

2）城市地下管线工程：

给水管线：含生活给水、消防给水、工业给水、中水等管道、沟道；

排水管线：含雨水、污水、雨污合流、工业废水等管道、沟道；

燃气管线：含煤气、天然气、液化石油气等输配管道；

供热管线：含水热、汽热等管线。

3）轨道交通工程：

地铁车站、车辆段、停车场、控制中心和区间隧道等；

城市轻轨交通车站、车辆段、停车场、控制中心和区间等。

4）场（厂）站工程：

给水场站：含取水头部、水源井、净水厂、加压站等设施；

排水场站：含处理场站、排水泵站、出水口等设施；

燃气厂站：含气源厂、储配站、调压站、供应站等；

供热厂站：供热厂、供热站等；

垃圾处理站、垃圾填埋场等。

（3）园林建设、风景名胜建设工程。

（4）市容环境卫生设施建设工程。

（5）城市防洪、抗震、人防工程。

（6）军事工程档案资料中，除军事禁区和军事管理区以外的穿越市区的地下管线走向和有关隐蔽工程的位置图。

二、城市建设工程档案管理的有关规定

（一）有关规定

（1）城建档案管理机构应对工程文件的立卷归档工作进行指导和服务，并按规范的要求对建设单位移交的建设工程档案进行联合验收。

（2）当地城建档案管理机构负责接收、保管和使用城市建设工程档案的日常管理工作。

（二）城市建设工程档案的报送

《建设工程文件归档规范》GB/T 50328—2014（经中华人民共和国住房和城乡建设部公告2019年第306号修订）要求：

（1）列入城建档案管理机构接收范围的工程，建设单位在工程竣工验收备案前，必须向城建档案管理机构移交一套符合规定的工程档案。

（2）停建、缓建建设工程的档案，可暂由建设单位保管。

（3）对改建、扩建和维修工程，建设单位应组织设计、施工单位对改变部位据实编制新的工程档案，并应在工程竣工验收备案前向城建档案管理机构移交。

（4）当建设单位向城建档案管理机构移交工程档案时，应提交移交案卷目录，办理移交手续，双方签字、盖章后方可交接。

（三）城市建设工程档案组卷

（1）应分专业按单位工程，分为基建文件、施工文件、监理文件和竣工图分类组卷。

（2）场站房屋建设和内部设备安装，应按建筑安装工程的要求组卷。

（3）基建文件、监理文件、施工文件组卷时，应根据文件的内容、资料的分类、数量的多少组成一卷或多卷。



1K430000 市政公用工程项目施工相关法规与标准

1K431000 相关法律法规

1K431010 城市道路管理的有关规定

1K431011 道路与其他市政公用设施建设应遵循的原则

（1）城市供水、排水、燃气、热力、供电、通信、消防等依附于城市道路的各种管线、杆线等设施的建设计划，应当与城市道路发展规划和年度建设计划相协调，坚持“先地下、后地上”的施工原则，与城市道路同步建设。

（2）承担城市道路设计、施工的单位，应当具有相应的资质等级，并按照资质等级承担相应的城市道路的设计、施工任务。

1K431012 占用或挖掘城市道路的管理规定

（1）依附于城市道路建设各种管线、杆线等设施的，应当经市政工程行政主管部门批准，方可建设。

（2）未经市政工程行政主管部门和公安交通管理部门批准，任何单位或者个人不得占用或者挖掘城市道路。

（3）因特殊情况需要临时占用城市道路的，须经市政工程行政主管部门和公安交通管理部门批准，方可按照规定占用。

经批准临时占用城市道路的，不得损坏城市道路；占用期满后，应当及时清理占用现场，恢复城市道路原状；损坏城市道路的，应当修复或者给予赔偿。

（4）因工程建设需要挖掘城市道路的，应当提交城市规划部门批准签发的文件和有关设计文件，经市政工程行政主管部门和公安交通管理部门批准，方可按照规定挖掘。新建、扩建、改建的城市道路交付使用后 5 年内，大修的城市道路竣工后 3 年内不得挖掘；因特殊情况需要挖掘的，须经县级以上城市人民政府批准。

（5）埋设在城市道路下的管线发生故障需要紧急抢修的，可以先行破路抢修，并同时通知市政工程行政主管部门和公安交通管理部门，在 24h 内按照规定补办批准手续。

（6）经批准挖掘城市道路的，应当在施工现场设置明显标志和安全防围设施；竣工后，应当及时清理现场，通知市政工程行政主管部门检查验收。

（7）经批准占用或者挖掘城市道路的，应当按照批准的位置、面积、期限占用或者挖掘。需要移动位置、扩大面积、延长时间的，应当提前办理变更审批手续。

（8）未按照批准的位置、面积、期限占用或者挖掘城市道路，或者需要移动位置、扩

大面积、延长时间，未提前办理变更审批手续的，由市政工程行政主管部门或者其他有关部门责令限期改正，可处以 2 万元以下的罚款；造成损失的，应当依法承担赔偿责任。

1K432000 相关技术标准

1K432010 城镇道路工程施工与质量验收的有关规定

1K432011 城镇道路工程施工过程技术管理的规定

城镇道路施工中必须建立安全技术交底制度，并对作业人员进行相关的安全技术教育与培训。作业前主管施工技术的人员必须向作业人员进行详尽的安全技术交底，并形成文件。

城镇道路施工中，前一分项工程未经验收合格严禁进行后一分项工程施工。

人机配合土方作业，必须设专人指挥。机械作业时，配合作业人员严禁处在机械作业和走行范围内。配合人员在机械走行范围内作业时，机械必须停止作业。

沥青混合料面层不得在雨、雪天气及环境最高温度低于 5℃时施工。

道路施工应满足道路结构的强度、稳定性及耐久性要求。

道路施工应进行必要的施工工艺性能检测、工程质量检验及专项验收，并满足道路防（排）水要求。

基坑、基槽及道路边坡、挡土墙施工前进行必要的监控量测，合理控制地下水，保障结构安全，同时应保护水环境。

高填土路基与软土路基施工，应进行沉降观测，在沉降稳定后再进行道路基层施工。

软土、黄土、膨胀土、红黏土、盐渍土等特殊土地区的路基，应查明特殊土的分布范围与地层特征，特殊土的物理、力学和水力特性，以及道路沿线的水文与地质条件，合理确定路基处理或处治的方案，使其具有良好的抗变形能力和稳定性要求。

路基填筑应按不同性质的土进行分类分层压实；路基高边坡施工应制定专项施工方案。

热拌普通沥青混合料施工环境温度不应低于 5℃，热拌改性沥青混合料施工环境温度不应低于 10℃。沥青混合料分层摊铺时，应避免层间污染。

1K432012 城镇道路工程施工开放交通的规定

热拌沥青混合料路面应待摊铺层自然降温至表面温度低于 50℃后，方可开放交通。

水泥混凝土路面抗弯拉强度应达到设计强度，并应在填缝完成后开放交通。

当面层混凝土弯拉强度未达到 1MPa 或抗压强度未达到 5MPa 时，必须采取防止混凝土受冻的措施，严禁混凝土受冻。

铺砌面层完成后，必须封闭交通，并应湿润养护，当水泥砂浆达到设计强度后，方可开放交通。

1K432020 城市桥梁工程施工与质量验收的有关规定

1K432021 城市桥梁工程施工过程质量控制的规定

施工单位应按合同规定或经过审批的设计文件进行施工。发生设计变更及工程洽商应

按国家现行有关规定程序办理设计变更与工程洽商手续，并形成文件。严禁按未经批准的设计变更进行施工。施工中必须建立技术与安全交底制度。作业前主管施工技术人员必须向作业人员进行安全与技术交底，并形成文件。

桥梁施工中应遵守的规定有：

（1）位于生态环境敏感区和饮用水源保护区的桥梁，应采取环境保护措施。

（2）桥梁引道及引桥与两侧街区的衔接布设应满足消防、救护、抢险的要求。

（3）桥梁和地道应设置防水措施和排水系统。

（4）桥梁结构应满足抗倾覆安全度的要求，并应避免局部构件失效引起的整体倒塌。桥梁结构支承体系应满足桥梁的受力和变形要求。

（5）对位于通航河流或有漂流物的河流中的桥梁墩台应采取防撞措施。汛期施工时应制定度汛措施及应急预案。

（6）当桥梁基础的基坑施工存在危及施工安全和周围建筑安全风险时，应制定基坑围护设计、施工、监测方案及应急预案。

（7）模板拆除、预制构件起吊、预应力筋张拉和放张时，同条件养护的混凝土试件应达到规定强度。

（8）当运输和安装桥梁长大构件影响道路交通安全时，应制定专项施工方案。

（9）单孔跨径不小于150m的特大桥，施工前应根据建设条件、桥型、结构、工艺等特点，针对技术难点和质量安全风险点编制专项施工方案、监测方案和应急预案，验收时应针对结构承载能力进行检测。

施工中应按下列规定进行施工质量控制，并进行过程检验、验收：

（1）工程采用的主要材料、半成品、成品、构配件、器具和设备应按相关专业质量标准进行验收和按规定进行复验，并经监理工程师检查认可。凡涉及结构安全和使用功能的，监理工程师应按规定进行平行检测或见证取样检测并确认合格。

（2）各分项工程应按《城市桥梁施工质量验收规范》CJJ 2—2008进行质量控制，各分项工程完成后应进行自检、交接检验，并形成文件，经监理工程师检查签认后，方可进行下一个分项工程施工。

1K432022 斜拉桥施工、悬索桥的索鞍、索夹与吊索施工有关规定

一、斜拉桥施工技术要点

施工过程中，必须对主梁各个施工阶段的拉索索力、主梁标高、塔梁内力及索塔位移量等进行监测，并应及时将有关数据反馈给设计单位，分析确定下一施工阶段的拉索张拉量值和主梁线形、高程及索塔位移控制量值等，直至合龙。

二、悬索桥施工技术要点

（1）施工过程中，应及时对成桥结构线形及内力进行监控，确保符合设计要求。

（2）加劲梁架设前，应将猫道改吊于主缆上，然后解除猫道承重索与塔和锚锭的连接。主缆防护工程完工后，方可拆除猫道。

三、悬索桥的索鞍、索夹与吊索施工技术要点

（1）索鞍安装应选择在晴朗的白天连续完成。安装时应根据设计提供的预偏量就位，在加劲梁架设、桥面铺装过程中应按设计提供的数据逐渐顶推到永久位置。顶推前应确认

滑动面的摩阻系数，控制顶推量，确保施工安全。

（2）索夹安装应遵守下列规定：

1）索夹安装前，必须测定主缆的空缆线形，经设计单位确认索夹位置后，方可对索夹进行放样、定位、编号。放样、定位应在环境温度稳定时进行。索夹位置处主缆表面的油污及灰尘应清除并涂防锈漆。

2）索夹在运输和安装过程中应采取保护措施，防止碰伤及损坏。

3）索夹安装位置纵向误差不得大于10mm。当索夹在主缆上精确定位后，应立即紧固索夹螺栓。

4）紧固同一索夹螺栓时，各螺栓受力应均匀，并应按三个荷载阶段（即索夹安装时、钢箱梁吊装后、桥面铺装后）对索夹螺栓进行紧固。

（3）吊索运输、安装过程中不得受损坏。吊索安装应与加劲梁安装配合进行，并对号入座，安装时必须采取防止扭转措施。

1K432030 地下铁道工程施工及验收的有关规定

1K432031 喷锚暗挖法隧道施工的规定

（1）隧道施工应采取必要的安全措施，保护施工人员身体健康和安全。

（2）隧道施工必须建立施工测量和复测系统。

（3）隧道施工应进行地质预测、预报，实施动态管理。

（4）隧道施工应制定施工全过程的监控量测方案及工程应急处理预案。当施工前方地质出现异常变化迹象或接近围岩重要分界线时，应及时探明隧道的工程地质和水文地质情况后方可继续开挖。

（5）采用喷锚暗挖法施工隧道应密切注意：隧道喷锚暗挖施工应充分利用围岩自承作用，开挖后及时施工初期支护结构并适时闭合，当开挖面围岩稳定时间不能满足初期支护结构施工时，应采取预加固措施。

（6）工程开工前，应核对地质资料，调查沿线地下管线、各构筑物及地面建筑物基础等，并制定保护措施。

（7）隧道开挖面必须保持在无水条件下施工。采用降水施工时，应按有关规定执行。

（8）隧道采用钻爆法施工时，必须事先编制爆破方案，报城市主管部门批准，并经公安部门同意后方可实施。

1K432032 盾构法隧道掘进速度控制的规定

盾构施工专项施工方案和应急预案应根据盾构类型、地质条件和工程实践制定。

盾构法隧道施工应具有施工管理体系，应建立质量控制和检验制度，并应采取安全和环境保护措施。

钢筋混凝土管片进场时的混凝土强度、抗渗等级等性能和管片结构性能应符合设计要求。钢筋混凝土管片外观质量不应有严重缺陷。钢管片外观不应有裂缝。

盾构掘进速度，应与地表控制的隆陷值、进出土量、正面土压平衡调整值及同步注浆等相协调。盾构掘进速度主要受盾构设备进出土速度的限制，进出土速度协调不好，极容

易使正面土体失稳、地表出现隆沉现象。盾构掘进应尽量连续作业，以保证隧道质量和减少对地层的扰动，减少地表隆沉现象。为此要均衡组织施工，确需停机时，应采取措施防止正面和盾尾土体进入，防止地面沉降和盾构变位、受损。当采用泥水平衡盾构时，管道运输系统应满足出渣和掘进速度的要求。当长距离运输时，应在适当距离设置管道运输接力设备。输送泵和管道应定期检查和维修。

浅覆土层地段施工应加强对掘进参数和盾构姿态的控制。

管片拼装前，管片防水密封材料的粘贴效果应验收合格。

在富水稳定岩层掘进时，应采取防止管片上浮、偏移或错台的措施。

壁后注浆应根据工程地质条件、地表沉降状态、环境要求及设备性能等选择注浆方式。管片与地层间隙应填充密实。壁后注浆过程中，应采取减少注浆施工对周围环境影响的措施。隧道防水应包括管片自防水、管片接缝防水和特殊部位防水。遇水膨胀防水材料在运输、存放和拼装前应采取防雨、防潮措施。

隧道贯通后，应进行贯通测量，测量内容包括隧道的纵横向贯通误差和高程贯通误差。

气压作业前，开挖仓内气压必须通过计算和试验确定。

盾构的保养与维修应由专业人员负责。根据盾构相关技术文件，应制定并实施保养与维修计划。

1K432040 给水排水构筑物施工及验收的有关规定

1K432041 给水排水构筑物工程所用材料、产品的规定

给水排水构筑物工程所用的原材料、半成品、成品等产品的品种、规格、性能必须满足设计要求，其质量必须符合国家有关标准的规定；接触饮用水的产品必须符合有关卫生要求。严禁使用国家明令淘汰、禁用的产品。

工程所用主要原材料、半成品、构（配）件、设备等产品，进入施工现场时必须进行进场验收。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。混凝土、砂浆、防水涂料等现场配制的材料应经检测合格后使用。

1K432042 水池气密性试验的要求

水池气密性试验应符合下列要求：

（1）需进行满水试验和气密性试验的池体，应在满水试验合格后，再进行气密性试验（如：消化池满水试验合格后，还应进行气密性试验）。

（2）工艺测温孔的加堵封闭、池顶盖板的封闭、安装测温仪、测压仪及充气截门等均已完成。

（3）所需的空气压缩机等设备已准备就绪。

试验精确度应符合下列规定：

（1）测气压的U形管刻度精确至毫米水柱。

（2）测气温的温度计刻度精确至1℃。

（3）测量池外大气压力的大气压力计刻度精确至10Pa。

测读气压应符合下列规定：

（1）测读池内气压的初读数与末读数之间的间隔时间应不少于24h。

（2）每次测读池内气压的同时，测读池内气温和池外大气压力，并换算成同于池内气压的单位。

水池气密性试验合格标准：

（1）试验压力宜为池体工作压力的1.5倍。

（2）24h的气压降不超过试验压力的20%。

1K432050 给水排水管道工程施工及验收的有关规定

1K432051 给水排水管道工程施工质量控制的规定

给水排水管道工程所用的原材料、半成品、成品等产品的品种、规格、性能必须符合国家有关标准的规定和设计要求；接触饮用水的产品必须符合有关卫生要求。严禁使用国家明令淘汰、禁用的产品。

工程所用的管材、管道附件、构（配）件和主要原材料等产品进入施工现场时必须进行进场验收并妥善保管。进场验收时应检查每批产品的订购合同、质量合格证书、性能检验报告、使用说明书、进口产品的商检报告及证件等，并按国家有关标准规定进行复验，验收合格后方可使用。

给水排水管道工程施工质量控制应符合下列规定：

（1）各分项工程应按照施工技术标准进行质量控制，分项工程完成后，应进行检验。

（2）相关各分项工程之间，必须进行交接检验，所有隐蔽分项工程应进行隐蔽验收，未经检验或验收不合格不得进行下道分项工程施工。

1K432052 给水排水管道沟槽回填的要求

沟槽回填管道应符合以下要求：

（1）压力管道水压试验前，除接口外，管道两侧及管顶以上回填高度不应小于0.5m；水压试验合格后，应及时回填沟槽的其余部分。

（2）无压管道在闭水或闭气试验合格后应及时回填。

1K432053 给水排水管道内外防腐蚀技术要求

管体的内外防腐层宜在工厂内完成，现场连接的补口按设计要求处理。

水泥砂浆内防腐层可采用机械喷涂、人工抹压、拖筒或离心预制法施工。

工厂预制时，在运输、安装、回填土过程中，不得损坏水泥砂浆内防腐层。

管道端点或施工中断时，应预留搭槎。

水泥砂浆抗压强度应符合设计要求，且不低于30MPa。

采用人工抹压法施工时，应分层抹压。

水泥砂浆内防腐层成形后，应立即将管道封堵，终凝后进行潮湿养护；普通硅酸盐水

泥砂浆养护时间不应少于 7d，矿渣硅酸盐水泥砂浆不应少于 14d；通水前应继续封堵，保持湿润。

1K432060 城市供热管网工程施工及验收的有关规定

1K432061 供热管道焊接施工单位应具备条件

施焊单位应符合下列要求：

（1）应有负责焊接工艺的焊接技术人员、检查人员和检验人员。

（2）应有符合焊接工艺要求的焊接设备且性能应稳定可靠。

（3）应有保证焊接工程质量达到标准的措施。

1K432062 直埋保温接头的规定

直埋保温管接头的保温和密封应符合下列规定：

（1）接头保温的工艺应有合格的检验报告。

（2）接头处的钢管表面应干净、干燥。

（3）应采用发泡机发泡、发泡后应及时密封发泡孔。

（4）接头外观不应出现过烧、鼓包、翘边、褶皱或层间脱离等缺陷。

（5）接头外护层安装完成后，应对外护层进行气密性检验并应合格。

1K432070 城镇燃气输配工程施工及验收的有关规定

1K432071 钢管焊接人员应具备的条件

根据《特种设备焊接操作人员考核细则》TSG Z6002—2010 第三条和第二十九条规定，焊接人员应具备下列条件：

承担燃气钢质管道、设备焊接的人员，应持有《特种设备作业人员证》，且在证书的有效期及合格范围内从事焊接工作。间断焊接作业超过 6 个月，再次上岗前应复审抽考。年龄超过 55 岁的焊工，需要继续从事燃气钢质管道、设备焊接作业，根据情况由发证机关决定是否需要进行考试。

1K432072 聚乙烯燃气管道连接的要求

根据《燃气工程项目规范》GB 55009—2021 第 5.1.23 条和《聚乙烯燃气管道工程技术标准》CJJ 63—2018 第 5.1.2 条规定，聚乙烯管材与管件、阀门的连接应采用热熔对接或电熔连接方式，不得采用螺纹连接或粘接，不得采用明火加热连接；聚乙烯管材与金属管道或金属附件连接时，应采用钢塑转换管件连接或法兰连接，当采用法兰连接时，宜设置检查井；聚乙烯管材、管件和阀门的连接在下列情况下应采用电熔连接：

（1）不同级别（PE80 与 PE100）。

（2）熔体质量流动速率差值大于等于 0.5g/（10min）（190℃，5kg）。

（3）焊接端部标准尺寸比（SDR 值）不同。

（4）公称外径小于 90mm 或壁厚小于 6mm。

1K432080 城市综合管廊工程的有关规定

1K432081 城市综合管廊的相关规定

综合管廊应统一规划、设计、施工和维护，并应满足管线的使用和运营维护要求，纳入综合管廊的管线应有专项管线设计。

天然气管道应在独立舱室内敷设；热力管道采用蒸汽介质时应在独立舱室内敷设；热力管道不应与电力电缆同舱敷设。

1K432082 城市综合管廊施工要求

综合管廊模板施工前，应根据结构形式、施工工艺、设备和材料供应条件进行模板及支架设计。模板及支撑的强度、刚度及稳定性应满足受力要求。混凝土底板和顶板应连续浇筑，不得留施工缝，设计有变形缝时，应按变形缝分仓浇筑。预应力张拉锚固后，实际建立的预应力值与工程设计规定检验值的相对允许偏差为 ±5%。

1K432090 工程测量及监控量测的有关规定

1K432091 工程测量主要技术的有关规定

地下管线的开挖、调查，应在安全的情况下进行。电缆和燃气管道的开挖，必须有专业人员的配合。下井调查，必须遵守有限空间作业安全管理规定，确保作业人员的安全，且应采取防护措施。

当需要对地下管线信息系统的软、硬件进行更新或升级时，必须进行相关数据备份，并确保在系统和数据安全的情况下进行。

工程测量作业所使用的仪器和相关设备，应做到及时检查校正，加强维护保养、定期检修。

1K432092 监控量测主要技术的有关规定

（1）基坑开挖与支护结构施工、基坑工程监测应严格按设计要求进行，并应实施动态设计和信息化施工。

（2）安全等级为一级、二级的支护结构，在基坑开挖过程与支护结构使用期内，必须进行支护结构的水平位移监测和基坑开挖影响范围内建（构）筑物、地面的沉降监测。

（3）基坑工程监测，应符合下列规定：

1）基坑工程施工前，应编制基坑工程监测方案。

2）应根据基坑支护结构的安全等级、周边环境条件、支护类型及施工场地等确定基坑工程监测项目、监测点布置、监测方法、监测频率和监测预警值。

3）基坑降水应对水位降深进行监测，地下水回灌施工应对回灌量和水质进行监测。

4）逆作法施工应进行全过程工程监测。

（4）基坑工程监测数据超过预警值，或出现基坑、周边建（构）筑物、管线失稳破坏征兆时，应立即停止基坑危险部位的土方开挖及其他有风险的施工作业，进行风险评估，并采取应急处置措施。

（5）基坑工程的现场监测应采取仪器监测与现场巡视检查相结合的方法。